ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MAI 1952.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture de l'avis paru au *Journal Officiel de la République française*, annonçant la signature, le 26 avril 1952, du décret qui porte approbation de l'élection faite par l'Académie de M. **Maurice Lemoigne** pour occuper, dans la Section d'économie rurale, la place vacante par le décès de M. *Émile Schribaux*.

Sur son invitation, M. **Maurice Lemoigne** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Guido Castelnuovo**, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Rome, le 27 avril 1952.

Une notice nécrologique sera publiée prochainement.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Zygophyllacées. Développement de l'embryon chez le* Tribulus terrestris *L.* Note de M. **René Souèges**.

L'embryon du *Tribulus terrestris* se développe selon des lois qui peuvent être rigoureusement déterminées. Ces lois, qui s'appliquent à la cellule apicale, permettent de considérer le *Tribulus* comme un type embryonomique nouveau venant occuper, dans la deuxième période, une case correspondant à celle que commande le *Geum urbanum* dans la première.

D. A. Johansen [1], dans une critique, très bienveillante d'ailleurs, de mon système embryogénique, sans chercher à rappeler toutes les raisons sur lesquelles je m'étais fondé pour établir les séries et les groupes, n'admet pas la série B dans les périodes successives ou grandes divisions que comporte le système. J'attacherais, d'après lui, plus d'importance que les faits ne semblent

---

(1) D. A. Johansen, *Plant embryology. Embryogeny of the Spermatophyta*. Chronica bot. C°, Waltham, Mass., p. 125.

le justifier à l'orientation oblique de la paroi longitudinale dans la cellule apicale du proembryon bicellulaire, et il ajoute, à cet égard, qu'il est significatif qu'aucun exemple ne soit cité correspondant à la série B de la seconde grande division.

En 1948 ([2]), le *Pisum sativum* L. et le *Lupinus polyphyllus* Lindl. ont pu être rattachés au mégarchétype VI de cette série, à titre de types irréguliers toutefois, étant donné certaines particularités qui pouvaient prêter à controverse. Aujourd'hui, le *Tribulus terrestris* nous apporte un exemple, fort net et tout à fait indiscutable, d'une espèce qui vient se ranger dans la série B′, dans la deuxième période, à une place correspondant à celle qu'occupe l'archétype du *Geum urbanum* ([3]) dans la première. J. Mauritzon ([4]), en 1934, a consacré quelques lignes à l'embryon du *Tribulus terrestris*; elles ne nous apprennent rien sur la marche de la segmentation et ne peuvent nullement servir à l'établissement de lois embryogéniques. On ne connaît aucun autre travail sur le développement de l'embryon chez les Zygophyllacées.

La figure 1 donne une idée de la forme allongée que prend le zygote à peu près au terme de sa maturation. En 2, on peut voir le proembryon bicellulaire passant au stade tricellulaire; en 3, la division de la cellule apicale et, en 4, la tétrade *première*, de la catégorie C_2, produite par segmentation transversale de la cellule basale et de la cellule apicale. Les éléments tirant origine de la cellule basale donnent la partie inférieure du suspenseur; aucun d'eux ne contribue à la construction de l'embryon proprement dit; ceux qui occupent la région la plus inférieure sont bientôt comprimés et résorbés par les cellules voisines de l'albumen.

Les éléments *cc* et *cd* de la tétrade première, se partagent, ce dernier transversalement, l'autre obliquement pour engendrer une tétrade *seconde*, de la catégorie B_2, présentant au sommet deux cellules juxtaposées, *a* et *b*, quelque peu dissemblables. Ces deux cellules, dans leurs processus de division et dans leurs fonctions histogéniques, se comportent comme les mêmes éléments que l'on rencontre chez le *Geum urbanum*. Ils produisent quatre quadrants en disposition tétraédrique (*fig.* 11, 12), celui du sommet fonctionnant comme cellule épiphysaire. La figure 14 montre, de face, les deux quadrants produits par *b*; dans la figure 15, les deux quadrants engendrés par *a* se sont déjà cloisonnés longitudinalement. Les trois quadrants sous-épiphysaires donnent la partie cotylée *s. stricto*, *pc* (*fig.* 17, 18, 20 et suiv.). Parfois, à certains stades et dans quelques formes, l'épiphyse fait saillie au sommet du proembryon de manière caractéristique (*fig.* 22, 25).

L'élément *m* de la tétrade seconde (*fig.* 5) engendre la partie hypocotylée. Par divisions longitudinales cruciales, il donne quatre cellules circumaxiales (*fig.* 9 à 13) qui prennent ensuite des parois périclines séparant extérieurement les premiers éléments de dermatogène. Les cloisons transversales apparaissent peu après, dans les cellules intérieures tout d'abord (*fig.* 17, 21, 22), et, après différenciation de deux assises dans cette région, c'est

---

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 802; 226, 1948, p. 1410; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 95, 1948, p. 184; *Embryogénie et Classification*, 4e fasc., Partie spéciale, 1951, p. 10.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070 et p. 1197; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., Partie spéciale, 1948, p. 47.

([4]) *Bot. Notiser*, 1934, p. 407-422.

encore dans les cellules intérieures de l'assise supérieure de ces deux assises, que se forment de nouvelles parois transversales (*fig.* 24, 25). Au moment de l'apparition prochaine des cotylédons, la masse intérieure originaire de *pc* et de *m* se montre homogène; le plériblème et le pléronne ne sont pas nettement différenciés; seules les cellules de dermatogène se distinguent par leur forme assez aplatie et leur contenu plasmatique.

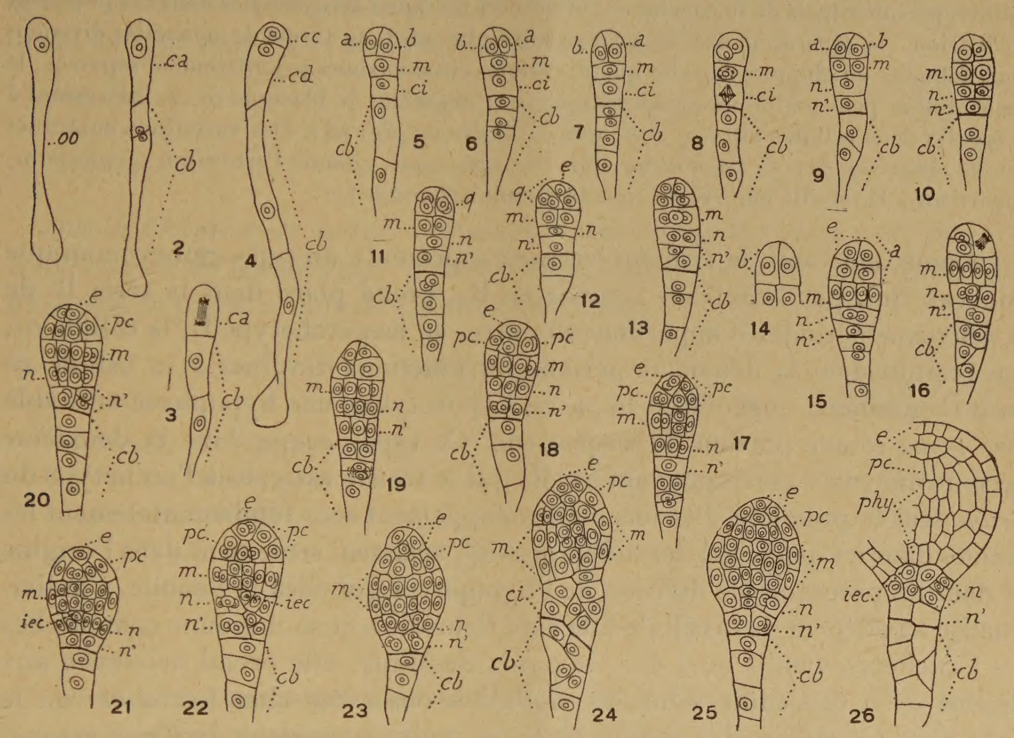


Fig. 1 à 26. — *Tribulus terrestris* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon *oo*, spore; *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou partie inférieure du suspenseur; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *a* et *b*, cellules-filles de *cc* ou éléments qui en dérivent; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie hypocotylée, *phy*; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou hypophyse; *n'* cellule-fille inférieure de *ci* ou portion supérieure du suspenseur; *q*, quadrant; *e* épiphyse; *pc*, partie cotylée *s. stricto*; *iec*, initiale de l'écorce de la racine. En 14 et 15, deux coupes voisines d'un même proembryon. G = 180.

La cellule *ci* (*fig.* 5) se partage transversalement (*fig.* 8 et 9) en deux éléments superposés *n* et *n'*, qui se convertissent plus tard, le premier plus vite que le second, en quatre cellules circumaxiales. L'élément *n'* ne dépasse guère ce stade quadricellulaire, comme on peut le voir dans les figures 23, 25, 26. Si quelquefois il paraît prendre part à la construction de la partie culminante de la coiffe, en règle générale les quelques cellules qu'il produit viennent seulement accroître le nombre des éléments du suspenseur.

Le blastomère *n* correspond à une hypophyse véritable, génératrice des initiales de l'écorce de la racine et du primordium de la coiffe. Ses processus de division rappellent étroitement ceux qui ont été observés chez l'*Erodium cicutarium*, et rapportés au mode Da dans mon travail d'ensemble sur l'hypophyse (5). Les quatre cellules circumaxiales

(5) R. Souèges, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1565; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 81, 1934, p. 737.

visibles en 16 donnent, par divisions longitudinales, une couche de 8 à 12 éléments dont 4 apparaissent en section verticale : 2 périphériques et 2 voisines de l'axe (*fig.* 19, 20). Ce sont ces derniers qui, de manière normale, se partagent transversalement (*fig.* 25, 26 à gauche) pour donner, vers le haut, les initiales de l'écorce de la racine, vers le bas, les premiers éléments de la portion centrale de la coiffe; les portions latérales tirent origine des cellules périphériques de la couche *n*. On observe quelques irrégularités dans ces processus de division : la séparation des *iec* peut se faire plus tard, au terme de nouvelles divisions longitudinales ou obliques dans les quatre cellules circumaxiales primitivement séparées; la segmentation peut parfois procéder obliquement déjà dans le blastomère *ci*, intéressant à la fois les deux cellules filles, *n* et *n'*, qui en dérivent (*fig.* 24). Des variations analogues ont été observées chez le *Ceanothus azureus*, espèce qui, comme l'*Erodium cicutarium*, appartient à la famille embryogénique du *Geum urbanum* [6].

Comme on le voit, le *Tribulus terrestris* représente un type embryonomique nouveau qui, par sa tétrade *seconde* en B_2, prend place dans la série B' de la deuxième période; il appartient en outre, au mégarchétype II, la cellule *cd*, qui remplit dans la deuxième période les fonctions dévolues à la cellule *cb* dans la première, engendrant la partie hypocotylée, une hypophyse véritable ($iec + co$) et une portion du suspenseur. Ce type occupe dans la deuxième période une place correspondant à celle qui se trouve assignée à l'archétype du *Geum* dans la première. Les lois du développement sont fondamentalement les mêmes dans les deux cas; des différences apparaîssent seulement dans l'origine et dans les processus de division de l'hypophyse qui chez la Benoîte, s'individualise aux dépens de la cellule-fille supérieure de *n* et se cloisonne comme chez les Crucifères, tandis que, dans la Croix-de-Malte, elle prend naissance aux dépens de *n* et s'édifie selon les modalités observées chez l'*Erodium* ou le *Ceanothus*. Ces différences sont secondaires, puisque ces deux dernières espèces ont pu être rangées dans la famille du *Geum* et que, chez celui-ci, l'hypophyse tire parfois directement origine du blastomère *n*.

L'exemple du *Tribulus* apporte la démonstration irréfutable de l'existence de types embryonomiques bien définis pouvant prendre place dans la série B' de la deuxième période. Le principal argument invoqué par D. A. Johansen pour ne pas admettre la série B dans le système périodique perd ainsi toute sa valeur.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le pouvoir de fixation des sols pour l'ion* PO_4H_2. Note de MM. **Albert Demolon**, **Pierre Boischot** et Mlle **Jacqueline Lajon**.

Nous avons montré que chaque sol réagit d'une façon particulière à l'apport de doses croissantes de phosphate monocalcique du superphosphate. L'accroissement de la concentration de la solution du sol pour un même apport ne

[6] R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1673.

dépend pas de l'état phosphorique exprimé par la concentration initiale ou par le taux de P_2O_5 dit « assimilable ». C'est le *pouvoir fixateur* qui intervient spécifiquement.

Nous examinerons dans cette Note quels sont les facteurs exerçant à cet égard une action déterminante. A cet effet, nous avons opéré sur une terre de limon de type moyen, ayant la composition suivante :

CO_3Ca	néant	Fer libre	8,7 ‰
Argile	140 ‰	pH	6,5
Humus	0,9 ‰	P_2O_5 assim. (ac. citr.)	0,14 ‰

Rôle de l'hydroxyde de fer. — Dans une série d'expériences il y a eu addition d'hydroxyde de fer colloïdal, dans l'autre la terre a été déferrifiée par l'acide oxalique, le pH et le taux de Ca étant maintenus constants.

	Fer ajouté à 20 g de terre (mg).	Fer libre total (‰).	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
Terre déferrifiée	0	0	20,7
» initiale	0	8,70	1,9
» enrichie	3,5	8,85	1,3
» »	7,0	9,03	1,2
» »	14	9,38	0,6
» »	35	10,40	0
» »	70	12,80	0

Ces résultats mettent en évidence le rôle du fer libre dans la fixation de P_2O_5 apporté, celle-ci devenant totale pour un rapport $(P/Fe) < 3\%$.

Rôle de la matière humique. — L'action des matières humiques a été étudiée en ajoutant à la terre expérimentée de l'humus colloïdal préparé à partir d'un fumier bien décomposé.

	Quantité d'humus ajouté à 20 g de terre (mg).	Quantité d'humus pour 1000 de terre.	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
Terre initiale	0	9,0	1,9
» enrichie	7,4	9,37	2,1
» »	15	9,75	2,4
» »	22	10,1	2,70
» »	30	10,5	3,25
» »	45	11,25	3,8
» »	60	12	5,1
» »	75	12,75	6,0

La matière humique bloque donc le pouvoir fixateur de l'hydroxyde de fer. Le même résultat est obtenu lorsque le sol est traité préalablement par une solution d'hydroxyquinoléine, de tannin ou d'H_2S.

	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
Terre initiale	1,9
Terre traitée avec 2 cm³ d'une solution d'hydroxyquinoléine à 1 %	4,6
Terre traitée avec 2 cm³ d'une solution de tannin à 1 %	4,75

Rôle de l'argile. — Le pouvoir fixateur est généralement considéré comme fonction du taux d'argile. Pour le vérifier nous avons enrichi notre terre avec une argile extraite du même sol.

Quantité d'argile (%).	Quantité d'argile ajoutée à 20 g (g).	Taux de fer libre (°/₀₀).	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
14 (terre initiale)	0	8,7	1,90
16	0,40	8,76	1,88
20	1,20	8,89	1,80
22	1,60	8,95	1,30

L'argile dosant 32 °/₀₀ de fer libre, il convenait de rechercher si son action n'était pas due au pouvoir fixateur de ce fer vis-à-vis du P_2O_5. A cet effet nous avons répété l'expérience précédente en ajoutant non pas une argile extraite de la terre, mais une kaolinite exempte de fer. Dans ces conditions, même avec des apports de kaolinite allant jusqu'à 10 °/₀₀, aucune action n'a été enregistrée sur la concentration de la solution du sol en P_2O_5.

L'on constate d'ailleurs en comparant le tableau ci-dessus et l'expérience directe avec addition d'hydroxyde de fer qu'à teneur identique en fer (8,9 °/₀₀) la concentration de la solution du sol en P_2O_5 (1,3 mg/l) est la même, quoique la quantité d'argile ait augmenté de 8 %. Ainsi donc l'action de l'argile est imputable à l'oxyde de fer qu'elle fixe par adsorption.

Rôle du chaulage. — Le rôle de l'ion Ca dans la fixation du P_2O_5 est connu. Pour en préciser le rôle nous avons d'abord abaissé le taux de CaO dans la terre initiale par lessivage avec des quantités variables de KCl. Dans une deuxième série d'expériences, nous avons ajouté des quantités variables d'eau de chaux à la terre initiale, le volume étant maintenu constant (40 cm³).

CaO pour 1000 de terre.	CaO ajouté à 20 g de terre.	pH.	Concentration de la solution du sol (mg P_2O_5 par litre).
1,3 (terre décalcifiée)	0	6,5	11,5
1,8 (» »)	0	6,5	8,8
2,16 (» »)	0	6,5	6,5
2,45 (» »)	0	6,5	4,0
2,72 (» initiale)	0	6,5	1,9
2,95 (» enrichie)	4,7	9,6	1,4
3,07 (» »)	7,05	10,1	1,1
3,2 (» »)	9,4	10,2	0,8
3,4 (» »)	14,1	10,5	0,75

La substitution de l'ion K à Ca à pH constant, entraîne une augmentation de la concentration en P_2O_5 de la solution. Mais l'addition de CaO a au contraire un effet dépressif au-dessus de la neutralité.

Examen d'une série de sols. — Pour chacun des sols nous indiquons le coefficient 1/C exprimant le pouvoir fixateur, tel que nous l'avons défini antérieurement (¹)

Terres.	pH.	P_2O_5 assimil. (‰).	Argile (%).	Fer libre (‰).	Matières humiques (%).	$\frac{1}{C}$.
1. Finistère sableuse	7,1	0,36	8,5	5,2	2,4	0,8
2. Limon de la Somme	6,5	0,14	14	8,7	0,09	0,72
3. Terre rouge Vaucluse	8,0	0,04	20,75	9,4	–	1,3
4. Haute-Garonne limoneuse ..	6,5	0,21	12,5	5,9	0,08	1,9
5. Haute-Garonne argileuse ...	6,6	0,03	41,5	10	0,24	2,4
6. Argileuse de Seine-et-Oise ..	6,5	0,04	14	10,6	0,45	2,4
7. Humifère du Finistère......	6,2	0,50	15,5	13,7	0,22	33,0
8. Côte-d'Or argileuse........	7,0	0,05	50	15,5	–	25
9. Landes du Finistère........	5,0	0,03	15,5	17,0	3,1	7,4

Ces résultats concernant des sols exempts de CO_3Ca confirment que le coefficient 1/C croît non avec le taux d'argile mais avec celui de Fe libre et qu'il décroît quand la proportion de matières humiques augmente.

Il s'élève dans le cas des terres calcaires, comme dans celui des terres nettement acides.

Conclusion. — L'influence d'un apport de phosphate soluble sur la concentration des solutions du sol est conditionnée par le rapport entre les combinaisons calciques et ferriques qu'il convient de réaliser aussi élevé que possible, en vue d'accroître l'efficacité de l'engrais.

Deux moyens permettent d'y parvenir en pratique :

1° Le maintien d'un complexe absorbant saturé de calcium en milieu légèrement acide (pH voisin de 6, 5).

2° Le blocage par les acides humiques de l'oxyde de fer libre ou adsorbé par l'argile.

CYTOLOGIE. — *La néoformation totale des noyaux dans le syncytium vitellin des Plagiostomes* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*) *et le problème du passage des gènes au cytoplasme, durant l'intercinèse.* Note (*) de M. **Paul Wintrebert.**

Les noyaux du syncytium vitellin des Plagiostomes apparaissent *de novo* dans l'aire centrale d'énergides néoformées. A une première période de dépôt chromatique surabondant, succède une période de régulation chromosomienne, réalisée par

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 509.

(*) Séance du 28 avril 1952.

un jeu de mitoses épuratrices. Les éléments nucléaires, émanés du blastodisque, y compris les gènes, passent en totalité dans le protoplasme, à l'état dissocié, granulaire ou dissous, s'y cultivent et se réorganisent en noyaux figurés.

Les noyaux diploïdes du syncytium vitellin des Plagiostomes, originaires du blastodisque, se multiplient et forment, avec le protoplasme vitellin, des énergides, puis des cellules libres qui émigrent dans la cavité sous-germinale. La naissance de ces noyaux retient l'attention. Ils ne proviennent pas, en effet, de division; *ils apparaissent de novo*, chacun dans une zone claire, dépourvue de vitellus, au centre d'une énergide syncytiale néoformée. Le déroulement des phénomènes a été repéré, phase par phase, en vue d'établir leur liaison morphologique avant toute exploration chimique.

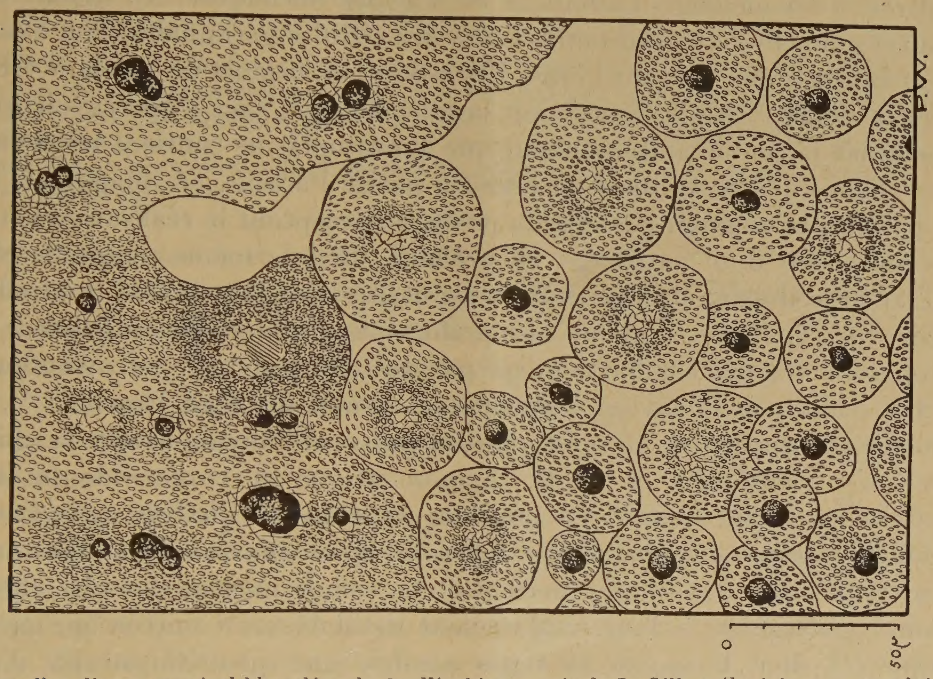
Technique. — Fixation de germes blastuléens et gastrulaires au Zenker-formol picrique; surcharge colorée du vitellus à l'acide picrique ou à l'éosine-aurantia-orange G, avant l'emploi d'hémalum acide de Masson ou d'hématoxyline, jusqu'à bleuissement de la coloration vitelline. Coupes; prélèvements en un seul bloc, de la région superficielle du blastodisque entourée de son cadre syncytial.

Exposé et signification des faits. — L'examen général des germes montre, en premier lieu, que les noyaux déjà constitués du syncytium et du disque germinal sont de taille variable, que de petits noyaux voisins ou accolés n'offrent aucune trace de division, que chacun d'eux est entouré d'une zone claire d'autant plus étroite que le noyau est mieux formé, que l'anneau vitellin qui l'entoure est d'autant plus compact que le dépôt chromatique est moins abondant.

Les zones claires les plus larges sont aussi les moins évoluées : *elles sont anucléées.* Placées au centre d'une énergide à contour extérieur mal délimité, elles sont légèrement bleutées par l'hémalum, et parfois ornées d'une tache homogène plus bleue. Cette zone centrale est parcourue par des fibres entrecroisées sur lesquelles, et dans l'intervalle desquelles, se déposent de petits grains chromatiques isolés. Ces grains augmentent peu à peu de nombre et de volume, se rapprochent, s'agglomèrent en petits tas, qui s'unissent à leur tour en masses globuleuses irrégulières. L'aspect rappelle, au début, celui de noyaux au repos, où la chromatine se disperse sur un réseau de trabécules anastomosés; mais ici, le noyau est absent. On pense aussi à une mitose anormale; mais on ne voit ni aster, ni fuseau et les filaments entrecroisés, disposés en lâche réseau, pénètrent la couronne vitelline. Le refoulement de celle-ci à la périphérie de l'aire centrale, témoigne de la concentration très dense du matériel prénucléaire, dont la transformation et la précipitation déterminent le dépôt des grains chromatiques.

A cette première période *d'apport*, de néoformation et de groupement de la chromatine, succède une période de *régulation* des masses nucléaires

collectées, au cours de laquelle, par un jeu de mitoses en chaîne, d'abord aberrantes et polycentriques, puis de plus en plus régulières, le stock chromosomien s'épure et devient spécifique. Les blocs nucléaires se disjoignent, se résolvent en chromosomes; certains de ceux-ci restent en route sur les fuseaux, tandis que les autres se rassemblent en noyaux télophasiques, qui se divisent à leur tour. Les fuseaux de ces mitoses réitérées persistent après la division et dessinent, dans le syncytium, des figures en zigzag [1].



Segment d'un disque germinal blastuléen de *Scylliorhinus canicula* L. Gill, prélevé *in toto*, encadré de sa bordure syncytiale. — Énergides et cellules libres anucléées.

Les cellules anucléées, tôt sorties du syncytium, se comportent comme les énergides, sauf que leur matériel nucléaire est limité, que les cellules filles se séparent et que la régulation chromosomienne, plus simple, va de pair avec l'établissement du rapport nucléoplasmique. Leur libération, l'acquisition de leur individualité, sont indépendantes du degré d'organisation du noyau.

La néoformation n'est donc pas directe, immédiate, acquise d'emblée, mais épigénétique, réalisée en deux temps, dont le second corrige le premier. A l'apport en vrac, succède l'épuration génétique. Les deux temps alternent et les processus de chacun d'eux sont synchrones dans l'ensemble du syncytium.

---

(1) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, 200, 1934, p. 91.

Discussion et conclusion. — La source des matériaux nucléaires, inclus dans le protoplasme, se trouve dans les cellules profondes et latérales du blastodisque, ouvertes dans le syncytium. Mais pour Olga Lepechinskaia ([2]), l'origine des cellules et des noyaux remonte, dans le développement et, de façon provisoire, à chaque division, à l'ère précellulaire de la vie. Elle dépend, par exemple, chez la poule, d'un bio-cristal dans l'albumine de l'œuf, de sphérules vitellines, chez l'hydre d'eau douce broyée, de granules, nourris d'extraits de cyclopes. Le noyau de l'œuf fécondé d'esturgeon naîtrait d'un mélange d'albumine et d'acides nucléiques. Au départ de sa dialectique, elle fait ainsi bon marché des cellules germinales. Son aversion pour la génétique est sans borne. Elle rejette la formule de Virchow (1855) : *Omnis cellula è cellulà*, fondée sur la morphologie, sans s'apercevoir que la biochimie la renforce, du moment que le protoplasme contient les éléments des noyaux préexistants. Elle prend à partie Pasteur, en imaginant, dans le présent, la création possible du passé, en acceptant la réalisation actuelle de mutations d'un autre âge, en prônant, dans le même temps, le retour à l'ère précellulaire et la génération spontanée d'un être évolué, dont elle nie l'hérédité génétique. L'audacieuse préformation matérielle que l'auteur nous propose, vivement combattue déjà par Jean Rostand ([3]), est insoutenable.

En réalité, nous savons, depuis les travaux de Jean Brachet ([4]), que l'acide ribonucléique du protoplasme passe au noyau avant la mitose, qu'il s'y transforme en acide thymonucléique et commande la duplication des chromosomes. *Le problème nouveau que pose le syncytium est celui du transfert des gènes au protoplasme, après une transformation inverse.* Un tel passage, dans le jeu normal d'une cellule nucléée dont les chromosomes génétiques, à l'intercinèse, sont décelables au microscope électronique ([5]), dont le noyau au repos possède une quantité notable d'acide thymonucléique estimée par les uns constante et diploïde ([6]) et, par les autres, variable ([7]), où, par conséquent, le transfert n'est que partiel et accroît simplement le nombre des éléments ribonucléiques déjà présents, est difficile à déceler. Dans le syncytium, par contre, la néoformation totale du noyau exige l'inclusion préalable, dans le protoplasme, de tous les éléments nucléaires, y compris les gènes.

([2]) V. Safonov, *Études soviétiques*, 35, 1951, p. 57.

([3]) *Figaro littéraire*, n° 271, 1951.

([4]) *Embryologie chimique*, Paris, 1947, p. 208 et 462.

([5]) E. Guyénot et M. Damon, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 498; E. Guyénot, M. Damon, E. Kellenberger et J. Veigle, *Arch. der Julius Klaus Stiftung*, 25, 1950, p. 47.

([6]) A. Boivin, R. Vendrely et C. Vendrely, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1258; C. Vendrely, C. Leuchtenberger et R. Vendrely, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2362.

([7]) L. Lison et J. Pasteels, *Arch. Biol.*, 62, 1951, p. 1-43 et *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 196.

Au cours de ce va-et-vient cellulaire, les gènes gardent leur qualité propre, leur autonomie, leur unité; passés dans le protoplasme, ils assimilent, croissent et se trouvent à pied d'œuvre au moment d'accomplir leur induction.

CYTOPATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action pathogène de la silice en particules submicroniques (silice de condensation).* Note de MM. **Albert Policard** et **André Collet.**

De la silice de condensation, formée de particules sphériques de 0,5 à 1 μ et de particules submicroscopiques de 100 à 200 Å environ, injectée dans la trachée ou le péritoine, provoque une première réaction générale violente due aux particules submicroscopiques suivie d'une seconde réaction caractérisée par la phagocytose des particules microniques et la formation de nodules fibreux. Déductions pratiques à tirer de ces résultats.

Chauffée au-dessus de 1600°, la silice se volatilise. La condensation de ses vapeurs donne des particules fines, décrites par Moissan [1] comme des globules mi-amorphes mi-cristallins.

Au cours de recherches sur les mécanismes de la silicose poursuivies au Centre d'Études et Recherches des Charbonnages de France, nous avons étudié les effets de cette silice. La présente Note concerne spécialement les histiocytes.

Le produit utilisé (provenant de deux usines différentes), au microscope électronique, s'est montré constitué de deux éléments : particules d'une extrême finesse, de 100 à 200 Å, sans formes régulières, aux limites peu précises et toujours rassemblées en agrégats ténus, peu serrés et facilement dissociables, et petites sphères régulières de 200 à 2 000 Å environ. Les diffractogrammes de Debye-Scherrer ont montré sa nature amorphe.

La silice en suspension en solution physiologique a été injectée par voie intratrachéale et intrapéritonéale. Elle a donné deux catégories de réactions.

A. Contrairement aux autres formes de silice, en particules allant de 1 à 3 μ, elle a déterminé immédiatement des manifestations générales vives, spécialement capillarodilatation intense et œdème.

Par voie intratrachéale, elle provoque immédiatement ou en quelques heures, un œdème pulmonaire entraînant la mort rapide de la presque totalité des animaux.

Au niveau du péritoine, elle entraîne de suite une forte réaction qui s'apaise ensuite en donnant des nodules miliaires diffus et fibreux.

Son injection déclenche, d'autre part, une réaction de « stress » accentuée, avec augmentation de poids des surrénales (50 et quelquefois 97 %), une

---

(1) *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 1122 et 1429.

involution rapide du thymus et une hypertrophie par œdème des ganglions lymphatiques.

B. La réaction péritonéale du début, apaisée au quatrième jour, est suivie d'une réaction secondaire moins vive, caractérisée de petits granulomes miliaires fibreux. La même réaction nodulaire s'observe dans le poumon chez les rares animaux qui ont pu survivre à la poussée initiale d'œdème pulmonaire.

On retrouve ainsi l'effet habituel des injections de particules de silice ayant plus de 1 à 2 μ (particules microniques).

A ces réactions générales correspondent des modifications cellulaires distinctes.

A. Dans les quatre premiers jours, les cellules histiocytaires du poumon, de la cavité péritonéale et de l'épiploon, présentent des altérations dont les caractères ont été définis par microscopie de phase et électronique, sur les cellules isolées (fraîches ou fixées) et sur coupes.

Les histiocytes très altérés présentent les modifications suivantes :

Vacuolisation du cytoplasma, avec production de vésicules sarcodiques à la périphérie.

Altération profonde du noyau, fragmenté en 6 ou 8 morceaux polyédriques, de 2 à 3 μ de diamètre, égaux en volume et restant accolés bien que séparés par des espaces clairs distincts et en communication avec le cytoplasma.

Dans ces cellules, la recherche des particules de silice a toujours été infructueuse. Ni au microscope optique, ni au microscope électronique, on n'a pu déceler de la silice à leur niveau. Ces histiocytes, brutalement intoxiqués, ne peuvent plus phagocyter les particules présentes dans leur voisinage.

B. Dans la phase qui suit, au sein des nodules fibreux miliaires formés plus tardivement, dans le péritoine comme dans le poumon, on observe des histiocytes volumineux, de 15 à 20 μ, bourrés de particules de forme sphérique ayant de 0,5 à 1 μ environ et mal visibles au microscope optique. Le contraste de phase et, mieux encore, la microincinération, montrent, sans doute possible, que ce sont des particules de silice (indice de réfraction très voisin de celui du Baume (méthode du liséré de Becke, absence de biréfringence). Elles représentent les particules sphériques de silice existant dans la substance injectée.

Ces cellules à cytoplasma peu colorable et noyau souvent altéré ressemblent aux cellules à poussières de silice du type habituel.

Ces constatations peuvent être interprétées ainsi. Les particules de 100-200 Å en agglomérats légers, à surface totale considérable, se dissolvent rapidement. Le produit de cette dissolution est l'agent des processus toxiques du début. Après l'action violente de ces particules

inframicroniques (et même inframicroscopiques), semblent se dérouler, vis-à-vis des particules plus grosses, les processus habituels de phagocytose par histiocytes et la formation de granulomes miliaires rapidement fibrosés. Ceci est possible parce que les produits de la dissolution des particules inframicroscopiques ont été éliminés. Cette explication appelle évidemment une démonstration plus précise, mais elle constitue l'hypothèse la plus vraisemblable.

Ces résultats peuvent être rapprochés de ceux obtenus par certains expérimentateurs ayant utilisé de la silice en particules submicroniques, mais avec d'autres voies d'introduction, comme l'injection intraveineuse, qui tue les animaux en quelques minutes par un processus mal défini encore [Gye et Purdy (2), Gardner (3)].

Ils apportent une contribution au problème, si important en pathologie industrielle, de la nocivité des poussières submicroniques. On a souvent considéré comme moins dangereuses les particules de silice inférieures à 0,5 μ. Les résultats apportés ici sont en contradiction avec cette opinion. Comme le soutient Dautrebande (4), il faut, dans la lutte contre les poussières, considérer tout autant les microniques et les submicroniques.

Ils montrent aussi la nécessité de mesures de sécurité strictes dans les industries où de la silice est soumise à des températures élevées capables de la vaporiser.

Enfin, ces expériences montrent, dans l'action de ces poussières submicroniques, l'intervention de processus du type « stress » avec réaction de la corticosurrénale. Ce facteur surrénalien, généralement négligé dans la pathogénie des pneumoconioses, mériterait d'être considéré de plus près.

M. **Emmanuel de Margerie** fait hommage à l'Académie du Tome Ier de son Ouvrage : *Études américaines. Géologie et Géographie.*

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Albert Demolon** : *Guide pratique de reconnaissance des parasites des cultures, avec les moyens de les combattre.*

CORRESPONDANCE.

Le Comité d'organisation du **Cinquantenaire de la découverte de l'Anaphylaxie par Charles Richet et Paul Portier** invite les Membres de l'Académie à assister à la Cérémonie qui aura lieu à cette occasion à la Sorbonne, le 10 mai 1952.

---

(2) *Brit. J. exp. Path.*, 3, 1922, p. 75 et 5, 1924, p. 239.

(3) L. U. Gardner et D. E. Cummings, *Amer. J. Path.*, 9, 1933, p. 751.

(4) *Bull. Micr. appl.*, 2, 1952, p. 1.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *De Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen.* 1752-1952. door Johan Abraham Bierens de Haan, Secretaris van de Maatschappij.

2° *Plaques rectangulaires anisotropes reposant librement sur deux côtés opposés seulement et soumises à la flexion sous charges normales à leur plan.* par H. S. Gedizli.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un ensemble de fonctions primitives pour le calcul des prédicats du premier ordre lequel constitue son propre dual.* Note (*) de M. **Alan Rose**, présentée par M. Louis de Broglie.

Church (1) a démontré qu'en ajoutant les constantes logiques t et f (ou bien 1 et 2) à la fonction de disjonction conditionnée ayant le même tableau de vérité que $(X \& Y) \vee (Z \& \overline{Y})$, on obtient un ensemble complet de foncteurs connectifs indépendants pour le calcul des propositions à deux valeurs et que cet ensemble constitue son propre dual. On a montré depuis (2) qu'il en est de même pour le calcul des propositions à m valeurs, lorsqu'on ajoute les constantes logiques 1, 2, ..., m à la fonction de disjonction conditionnée $[Y, X_1, X_2, \ldots, X_m, Y]$ ayant le même tableau de vérité que

$$(X_1 \& J_1(Y)) \vee (X_2 \& J_2(Y)) \vee \ldots \vee (X_m \& J_m(Y)).$$

Dans les deux cas on obtient la duale d'une formule en écrivant celle-ci à rebours et en changeant de place les constantes i et $m - i + 1$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$.

Nous allons montrer qu'en ajoutant un certain quantificateur à l'ensemble de fonctions primitives dont nous venons de parler on obtiendra un ensemble complet de foncteurs indépendants pour le calcul des prédicats du premier ordre, que cet ensemble constitue son propre dual et que, cette fois encore, la duale d'une formule s'obtient par la méthode indiquée plus haut. Au lieu d'appliquer les quantificateurs aux formules prises séparément, nous les appliquons également aux ensembles ordonnés de $m + 1$ formules. Nous entendons ici par « formule » les combinaisons de symboles de notre calcul, et ces combinaisons seulement, qu'on peut établir comme telles en y appliquant, un nombre fini de fois, les règles suivantes :

1° Les constantes logiques 1, 2, ... m sont des formules;

2° Toute variable d'énoncé est une formule;

3° Les variables de prédicats où des variables d'individus figurent à la place des arguments sont des formules;

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) *Portugal. Math.*, 7, 1948, p. 87.

(2) *Math. Annalen*, 123, 1951, p. 76.

4° Si $\mathfrak{A}_1, \mathfrak{A}_2, \ldots, \mathfrak{A}_m, \mathfrak{B}$ sont des formules telles que la même variable d'individu ne se rencontre pas à la fois dans l'une d'elles, à l'état lié, et dans une autre, à l'état libre, alors $|\mathfrak{B}, \mathfrak{A}_1, \mathfrak{A}_2, \ldots, \mathfrak{A}_m, \mathfrak{B}|$ est une formule;

5° Si $\mathfrak{A}(x)$ et $\mathfrak{B}(x)$ sont des formules où la variable x se rencontre à l'état libre, et si $\mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{D}$ sont des formules d'où la variable x est absente, et s'il n'y a aucune variable qui se rencontre à la fois dans une des formules $\mathfrak{A}(x), \mathfrak{B}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{D}$ à l'état libre, et, dans une autre de ces formules, à l'état lié, alors $\{x\}\{\mathfrak{D}, \mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}\}\{x\}$ est une formule. $\{x\}\{\mathfrak{D}, \mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}\}\{x\}$ a le même sens que $[\mathfrak{D}, (x)\mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, (\mathrm{E}x)\mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}]$. Nous écrivons le quantificateur aux deux bouts pour assurer la symétrie.

L'indépendance des fonctions primitives découle de celle des fonctions primitives du calcul des propositions et du fait que toute fonction qui n'est pas *exclusivement* définie en fonction de celui-ci doit contenir nécessairement des variables d'individus. Pour prouver que n'importe quel quantificateur peut être défini dans ce système, il suffit de définir [3] le quantificateur universel, ce qui se fait comme suit :

$$(x)\mathfrak{A}(x) =_{df} \{x\}\{1, \mathfrak{A}(x), 1, 1, \ldots, 1, \mathfrak{A}(x), 1\}\{x\}.$$

Étant donné le théorème de dualité pour le calcul des propositions, il suffit maintenant de montrer que la duale de $\{x\}\{\mathfrak{D}, \mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, \mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}\}\{x\}$ est $\{x\}\{\mathfrak{H}, \mathfrak{F}(x), \mathfrak{G}_{m-2}, \mathfrak{G}_{m-3}, \ldots, \mathfrak{G}_1, \mathfrak{E}(x), \mathfrak{H}\}\{x\}$ où $\mathfrak{E}(x), \mathfrak{F}(x), \mathfrak{G}, \mathfrak{H}$ sont les duales de $\mathfrak{A}(x), \mathfrak{B}(x), \mathfrak{C}, \mathfrak{D}$ respectivement. Mais puisque les duales de $(x)\mathfrak{A}(x)$, $(\mathrm{E}x)\mathfrak{B}(x)$ sont $(\mathrm{E}x)\mathfrak{E}(x)$, $(x)\mathfrak{F}(x)$ respectivement, il résulte du théorème qu'on a prouvé pour le calcul des propositions que la duale de $[\mathfrak{D}, (x)\mathfrak{A}(x), \mathfrak{C}_1, \mathfrak{C}_2, \ldots, \mathfrak{C}_{m-2}, (\mathrm{E}x)\mathfrak{B}(x), \mathfrak{D}]$ est $[\mathfrak{H}, (x)\mathfrak{F}(x), \mathfrak{G}_{m-2}, \mathfrak{G}_{m-3}, \ldots, \mathfrak{G}_1, (\mathrm{E}x)\mathfrak{E}(x), \mathfrak{H}]$. C. Q. F. D.

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur les clôtures faible et forte des ensembles convexes dans les espaces linéaires réels abstraits.* Note de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans l'espace linéaire réel abstrait L (sans topologie) ayant une base dénombrable de Hamel, pour chaque ensemble convexe E il existe $\alpha < \Omega$ tel que $\mathrm{lin}^{\alpha} E = \mathrm{lin}^{\alpha-1} E$. Si la base est non dénombrable, il existe un E pour lesquels toutes les itérations $\mathrm{lin}^{\alpha} E (\alpha < \Omega)$ sont différentes. La clôture linéaire de E est toujours égale à l'union des $\mathrm{lin}^{\alpha} E$ étendue à tous les $\alpha < \Omega$.

Nous reprenons les notions et notations de la Note précédente [1] et nous ne considérerons que des ensembles convexes contenant au moins deux points.

---

[3] Cp. *J. Symbol Log.*, 13, 1948, p. 181.

[1] *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1727.

Un sous-ensemble E de l'espace linéaire L s'appelle *linéairement fermé* [2] si, quelle que soit la droite l, l'ensemble $E \cap l$ est fermé dans la topologie naturelle de l. Par la *clôture forte*, $\mathrm{cl}\, E$, de E nous entendons l'intersection de tous les ensembles linéairement fermés contenant E.

THÉORÈME 1. — *Quel que soit l'espace linéaire L et un sous-ensemble convexe E de L, on a* $\mathrm{lin}^{\Omega} E = \mathrm{lin}^{\Omega+1} E$.

THÉORÈME 2. — *La clôture forte d'un ensemble convexe E est convexe et l'on a* $\mathrm{cl}\, E = \mathrm{U}_{\alpha} \mathrm{lin}^{\alpha} E \ (\alpha < \Omega)$.

Le théorème 1 se prouve par impossible. Le théorème 2 ne présente pas de difficulté, parce que $\mathrm{lin}^{\alpha} E$ est convexe et $\mathrm{lin}^{\alpha} E \subseteq \mathrm{cl}\, E$.

THÉORÈME 3. — *Si l'espace L possède une base dénombrable de Hamel, et si l'ensemble convexe* $E \subseteq L$, *il existe* $\alpha < \Omega$ *tel que* $\mathrm{lin}^{\alpha} E = \mathrm{lin}^{\alpha+1} E$.

Démonstration. — Supposons qu'on ait $\mathrm{lin}^{\alpha} E \neq \mathrm{lin}^{\alpha+1} E$ pour tout $\alpha < \Omega$, et soit H une base de Hamel de L.

Il existe une Ω— suite bien ordonnée $\{x_{\alpha}\}$ telle que $x_0 \overline{\in} E$, $x_0 \in \mathrm{lin}^1 E$ et, pour $\alpha \geqq 1$, $x_{\alpha} \in \mathrm{lin}^{\alpha+1} E$, mais $x_{\alpha} \overline{\in} \mathrm{lin}^{\beta+1} E$ quel que soit $\beta < \alpha$. Posons $y_0 = x_0$, $y_{\alpha} = x_{\omega.\alpha}$ $(1 \leqq \alpha < \Omega)$. Comme y_{α} s'exprime linéairement par un nombre fini de vecteurs de H, il existe dans $\{y_{\alpha}\}$ une suite partielle non dénombrable, soit $\{y(\sigma(\alpha))\}$ dont les éléments s'expriment par les mêmes vecteurs de H et, par conséquent, appartiennent tous au même sous-espace V à un nombre fini de dimensions. On a, pour tout $\sigma < \Omega$, $y(\alpha(\sigma)) \overline{\in} \mathrm{lin}^{\omega.\alpha(\sigma)+2} E$, $y(\alpha(\sigma)) \in \mathrm{lin}^{\omega.\alpha(\sigma+1)+1} E$. Posons $F_{\sigma} = V \cap \mathrm{lin}^{\omega.\alpha(\sigma)+1} E$ et, soit M_{σ} le flat de F_{σ} dans L. Il existe τ tel que, pour tout $\sigma > \tau$, $M_{\sigma} = M_{\tau} = M$, et F_{σ} est un corps convexe dans M. On prouve que $F_{\sigma+1}$ se compose de points intérieurs de F_{σ}. Par conséquent, il y a, dans M, un nombre non dénombrable d'ensembles ouverts disjoints, ce qui est impossible.

THÉORÈME 4. — *Si la base de Hamel de l'espace linéaire N est non dénombrable, il existe un sous-ensemble convexe R de N tel que* $\mathrm{lin}^{\alpha} R \neq \mathrm{lin}^{\beta} R$ *quels que soient* $\alpha < \beta < \Omega$.

Démonstration. — Remarquons que si E', E'' sont des sous-ensembles connexes des espaces L', L'' respectivement et, si $\mathrm{lin}^{\alpha} E' \neq \mathrm{lin}^{\alpha+1} E'$, on a, pour le produit cartésien aussi $\mathrm{lin}^{\alpha}(E' \times E'') \neq \mathrm{lin}^{\alpha+1}(E' \times E'')$. Prenons $\aleph_1$ exemplaires de l'espace L qui a une base dénombrable de Hamel et, faisons-en le produit cartésien $L^{\star}$ de manière que les vecteurs de $L^{\star}$ soient des Ω-suites bien ordonnées de vecteurs de L avec la condition qu'il n'y ait qu'un nombre au plus fini d'éléments différant du vecteur nul. La base de Hamel de $L^{\star}$ a la puissance $\aleph_1$, donc $L^{\star}$ peut être plongé isomorphiquement dans N. Si nous plaçons

---

[2] WILLIAM D. BERG et OTTON M. NIKODÝM, *A study of convex sets* (à paraître dans le *Duke Math. J.*)

dans le $\alpha^{\text{ième}}$ espace L du produit cartésien un ensemble convexe $R'(\alpha)$ convenable (*voir* la Note précédente) pour lequel $\text{lin}^{\alpha} R'(\alpha) \neq \text{lin}^{\alpha+1} R'(\alpha)$, nous obtenons l'ensemble R désiré, en faisant le produit cartésien de tous les $R'(\alpha)$.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Détermination de la chaîne syzygétique des idéaux matriciels parfaits et son application à la postulation de leurs variétés algébriques associées.* Note de M. **Federico Gaeta**, présentée par M. René Garnier.

On ne possède que peu de résultats sur la détermination effective des syzygies successives d'un idéal de polynomes homogène donné arbitrairement. Il est donc intéressant de déterminer les éléments de cette chaîne syzygétique pour des classes d'idéaux aussi vastes que possible. Dans cette Note nous donnons la solution du problème pour un idéal parfait $\mathfrak{A}$ engendré par les mineurs d'ordre maximum d'une matrice homogène $\mathfrak{M}$.

Soit $\mathfrak{M} = \| a_{ij} \| (i = 1, 2, \ldots, p; j = 1, 2, \ldots, q; p \leq q)$ la matrice des formes appartenant à $K[x_0, x_1, \ldots, x_n]$ (K, commutatif à caractéristique nulle) dépourvue de constantes non nulles. On a $q - p + 1 \leq n$, $d = n - (q - p + 1)$ étant la dimension de la variété algébrique V_d représentée par $\mathfrak{A}$ (1). Le résultat obtenu est une extension de deux cas particuliers déjà connus (2).

1. Nous substituons aux syzygies successives les formes d'Ostrowski équivalentes comme nous avons fait déjà dans une Note précédente (3) dont nous empruntons les notations; la longueur k de la chaîne syzygétique de $\mathfrak{A}$ est égale à $k = q - p + 1$ (4). On a évidemment $s_1 = \binom{q}{p}$. Pour le deuxième module de syzygies, le théorème de Macaulay que nous venons de rappeler permet d'affirmer que les formes d'Ostrowski de la deuxième classe sont engendrées par tous les déterminants d'ordre $p + 1$ que l'on obtient en bordant supérieurement une matrice $\mathfrak{U}_{j_1 j_2 \ldots j_{p+1}}$ formée par les colonnes indiquées de $\mathfrak{M}$ avec une ligne i quelconque de $\mathfrak{M}$, $L_i(y_2)$ où l'on a remplacé $x (= y_1)$ par y_2. On obtient évidemment $s_2 = p \binom{q}{p+1}$.

Pour déterminer les formes d'Ostrowski de classe $h (1 \leq h \leq k)$ nous

---

(1) Macaulay, *The algebraic theory of modular systems*, Cambridge Tracts in Math. nº 19, 1916; Gröbner, *Moderne algebraische Geometrie*, Springer, Wien, 1949. Pour les propriétés géométriques des relatives variétés; Severi, *Introduzione alla geometria algebrica*, Docet, fasc. II, Roma, 1949, où l'on trouve les citations des travaux plus anciens sur ce sujet.

(2) Celui pour $p = 1$, q arbitraire, (Schoenfliess, *Göttinger Nachrichten*, 1891, p. 339), et la détermination du deuxième module de syzygies due à Macaulay, *loc. cit.*, p. 54.

(3) Gaeta, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1121.

(4) Gröbner, *loc. cit.*, p. 193.

définissons certaines formes $S^{g_1 g_2 \ldots g_p}_{j_1 j_2 \ldots j_{p-h-1}}$ *dans l'ensemble des indéterminées* $y_1, y_2, \ldots, y_h$ de la manière suivante :

Les $j_1 \leqq j_2 \leqq \ldots \leqq j_{p+h-1}$ constituent une combinaison sans répétition arbitraire de classe $p+h-1$ des colonnes de $\mathfrak{M}$. On borde supérieurement la matrice $\mathfrak{N}_{j_1 j_2 \ldots j_{p+h-1}}$ définie comme ci-dessus avec $h-1$ nouvelles lignes de $\mathfrak{M}$, $L_{i_1}(y_2)$, $L_{i_2}(y_3)$, $\ldots$, $L_{i_{h-1}}(y_h)$, où l'on a remplacé respectivement les x par les $y_2, y_3, \ldots, y_h (x=y_1)$. Les $i_1, i_2, \ldots, i_{h-1}$ constituent un *arrangement* arbitraire avec répétition des p lignes de $\mathfrak{M}$. Ensuite on forme le déterminant symbolisé de manière évidente par $\Delta^{i_1 i_2 \ldots i_{h-1}}_{j_1 j_2 \ldots j_{p+h-1}}$:

$$(1) \qquad \Delta^{i_1 i_2 \ldots i_{h-1}}_{j_1 j_2 \ldots j_{p+h-1}} = \begin{vmatrix} L_{i_{h-1}}(y_h) \\ \cdots\cdots \\ L_{i_1}(y_2) \\ \mathfrak{N}_{j_1 j_2 \ldots j_{p+h-1}} \end{vmatrix}$$

Parmi les lignes $i_1, i_2, \ldots, i_{h-1}$ il y en a g_1 égales à la première ligne, g_2 égales à la seconde, ... $(g_\nu \geqq 0; \nu = 1, 2, \ldots, p)$ et $g_1 + g_2 + \ldots + g_p = h-1$. Alors nous définissons finalement $S^{g_1 g_2 \ldots g_p}_{j_1 j_2 \ldots j_{p-h-1}}$ comme égale à la somme des $(h-1)!/g_1!\,g_2!\ldots g_p!$ déterminants analogues à celui (1) qu'on obtient en effectuant toutes les permutations entre les indices i. Nous écrivons symboliquement :

$$S^{g_1 g_2 \ldots g_p}_{j_1 j_2 \ldots j_{p+h-1}} = \sum_{\text{perm}(i_1 \ldots i_{h-1})} \Delta^{i_1 i_2 \ldots i_{h-1}}_{j_1 j_2 \ldots j_{p+h-1}}$$

2. Cela posé, on vérifie les propriétés suivantes :

a. S *est une forme dans l'ensemble des indéterminées* $y_1, y_2, \ldots, y_h$. Pour $h=1$ l'affirmation est triviale; pour $h=2$ on obtient les formes du théorème de Macaulay.

b. En groupant les déterminants qui composent S ayant la première ligne égale, et développant par rapport aux éléments de cette ligne on voit que les formes S de classe $h\,(>1)$ sont des combinaisons linéaires des formes analogues de classe $h-1$ avec coefficients de $K[y_{h0}, y_{h1}, \ldots, y_{hn}]$.

Par conséquent, *les formes S sont formes d'Ostrowski de classe h de* $\mathfrak{A}$. En outre, on démontre que *les S de classe h constituent une base minima des formes d'Ostrowski de classe h.* (5) Nous avons donc

$$S_h = \binom{q}{p+h-1}\binom{p+h-2}{p-1} \qquad (h=1, 2, \ldots, k;\ k=q-p+1).$$

3. Les degrés des formes $S^{g_1 g_2 \ldots g_p}_{j_1 \ldots j_{p+h-1}}$ se calculent très aisément; ils sont égaux aux invariants syzygétiques n_{ij} (6); donc nous pouvons calculer la fonction

(5) La démonstration paraîtra prochainement dans un Mémoire des *Annali di mat.*

(6) *Loc. cit.* en (3).

caractéristique $\chi(l)$ de $\mathfrak{A}$ pour toutes les valeurs de l et par conséquent les genres arithmétiques des sections d'une variété irréductible, non singulière V_d représentée par un idéal $\mathfrak{A}$ avec des espaces linéaires génériques de toutes les dimensions (7). En particulier on obtient la formule

$$N = \frac{(-1)^{n-d}}{(n-d)!}\left[\sum_{j=1}^{s_1} n_{1j}^{n-d} - \sum_{j=1}^{s_2} n_{2j}^{n-d} + \ldots + (-1)^k \sum_{j=1}^{s_k} n_{kj}^{n-d}\right]$$

due à Ostrowski (8) donnant l'ordre N de V_d en fonction des n_{ij}. Pour $d = n-2$ on obtient une formule plus simple que celles déjà connues pour les variétés parfaites de rang deux. Des exemples bien caractéristiques se présentent : les courbes rationnelles normales de S_n, les réglées rationnelles normales, etc.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE GLOBALE. — *Groupes d'holonomie des variétés riemanniennes*. Note de MM. **Armand Borel** et **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Définitions et étude topologique des différents groupes d'holonomie d'une variété riemannienne. Le groupe d'holonomie homogène restreint est compact et coïncide avec la composante connexe de e du groupe d'holonomie homogène.

1. Soit V_m une variété riemannienne de classe C^1. La notion de *développement* d'un chemin de V_m, *différentiable par morceaux*, est supposée connue (1). Par développement, le groupoïde des lacets de V_m différentiables par morceaux, fermés en x, est représenté sur un groupe Φ_x de déplacements de l'espace ponctuel euclidien tangent en x et sur un groupe Ψ_x de rotations de l'espace vectoriel euclidien T_x tangent en x (2). Un arc joignant deux points $x, y \in V_m$ détermine par développement un isomorphisme de Φ_x sur Φ_y et de Ψ_x sur Ψ_y.

Si l'on se restreint au groupoïde des lacets fermés en x homotopes à zéro (et par conséquent différentiablement homotopes à zéro), on obtient des sous-groupes invariants connexes par arcs ρ_x de Φ_x et σ_x de Ψ_x. Les quatre groupes Φ_x, Ψ_x, ρ_x, σ_x sont dits respectivement groupe d'holonomie (g.h.), g.h. homogène, g.h. restreint, g.h. homogène restreint. Si π_x est le groupe de Poincaré de V_m en x, la connexion riemannienne de V_m définit des homomorphismes f, resp. g, de π_x sur Φ_x/ρ_x, resp. Ψ_x/σ_x. Soit π' le noyau

---

(7) *Voir* Severi, *Rend. Circ. mat. Palermo*, 28, 1909; *Annali di mat.*, 4e série, 32, 1951.

(8) *Abhand. Math. Sem. Hamburg*, Bd. 1, 1922.

(1) C. Ehresmann, *Colloque de Topologie algébrique*, Bruxelles, 1950, p. 29-55.

(2) E. Cartan, *Acta Math.*, 48, 1926, p. 1-42; pour le point de vue local : Kuyper, *Indag. Math.*, 13, 1951, p. 445-451.

de f; sur le revêtement V'_m de V_m de groupe fondamental π', l'image réciproque de la métrique de V_m définit une structure de variété riemannienne admettant un groupe d'holonomie (homogène) isomorphe à ρ_x, (resp. σ_x).

Toute forme différentielle sur V_m à dérivée covariante nulle induit sur T_x une forme invariante par Ψ_x. Réciproquement, de toute forme invariante par Ψ_x on déduit par transport parallèle une forme différentielle sur V_m à dérivée covariante nulle.

2. Nous dirons qu'un groupe linéaire réel est réductible ou irréductible selon qu'il laisse invariant un sous-espace *réel* non trivial ou non. V_m est dite réductible si Ψ_x l'est, irréductible sinon. Si V_m est réductible, T_x admet une décomposition en somme directe de sous-espaces $T_x^{(i)}$ invariants par Ψ_x et dans lesquels Ψ_x induit des représentations irréductibles. Par transport parallèle des $T_x^{(i)}$, on obtient un multi-feuilletage de V_m, les feuilles appartenant à des systèmes différents étant orthogonales; tout point $x \in V_m$ admet un voisinage U_x qui est produit topologique de voisinages $U_x^{(i)}$ des feuilles passant par x; le ds^2 est somme des ds^2 induits sur les feuilles, de sorte que V_m est réductible au sens de la géométrie différentielle locale. Il est équivalent de dire qu'il existe sur V_m des formes différentielles monomes, non triviales, à dérivée covariante nulle ([3]).

3. Supposons choisi pour tout $x \in V_m$ un voisinage U_x. Un lacet l_x d'origine x est dit *petit* s'il est contenu dans U_x, il est dit être un *lasso* s'il existe $y \in V_m$ et un arc $l(x, y)$ joignant x à y tels que l_x soit le produit

$$l_x = l(x, y)^{-1} . l_y . l(x, y), \tag{1}$$

où l_y est petit. Un raisonnement classique montre que tout lacet l_x homotope à zéro est produit de lassos d'origine x. Il en résulte que *tout élément de* ρ_x *ou de* σ_x *est produit de déplacements ou rotations induits par des lassos d'origine* x.

4. Pour étudier ρ_x ou σ_x, on peut substituer à V_m le revêtement V'_m ou son revêtement universel; sans modifier les notations, nous raisonnerons sur ce dernier, qui admet σ_x comme g. h. homogène.

THÉORÈME 1. — *Soit* $T_x = \Sigma_1^k T_x^{(i)}$ *une décomposition de* T_x *en somme directe de sous-espaces invariants et irréductibles relativement à* σ_x.

Alors σ_x *est un produit direct* $\sigma_1 \times \sigma_2 \times \ldots \times \sigma_k$, *où* σ_i *induit sur* $T_x^{(j)}$ *une représentation triviale* ($j \neq i$, $i = 1, \ldots, k$).

Soient $R \in \sigma_x$ et R_i la rotation de $T_x^{(i)}$ induite par R; il suffit de montrer que σ_x contient la rotation S_i égale à R_i sur $T_x^{(i)}$ et à l'identité sur $T_x^{(j)}$ ($j \neq i$, $i = 1, \ldots, k$). Or si R est induite par le lasso (1), S_i le sera par le lasso

$$l(x, y)^{-1}\, l_y^{(i)}\, l(x, y)$$

([3]) A. LICHNEROWICZ, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1634.

où $l_{\gamma}^{(i)}$ désigne la projection de l_{γ} sur $U_{\gamma}^{(i)}$; ainsi $S_i \in \sigma_x$ et le théorème résulte du n° 3.

THÉORÈME 2. — *Le groupe d'holonomie homogène restreint σ_x d'une variété riemannienne est un sous-groupe fermé de* $O^+(m)$.

σ_i est un sous-groupe irréductible connexe de $O^+(m_i)$, (m_i dimension de $T_x^{(i)}$); c'est donc un sous-groupe fermé de $O^+(m_i)$ d'après un raisonnement connu, par conséquent $\sigma_x = \sigma_1 \times \ldots \times \sigma_k$ est fermé dans $O^+(m)$.

THÉORÈME 3. — *σ_x est la composante connexe de l'identité de ψ_x.*

En effet ψ_x/σ_x est dénombrable, comme image de π_x par g, et séparé (σ_x fermé); il est donc totalement discontinu.

5. S'il existe une rotation propre, ayant ses valeurs caractéristiques $\neq \pm 1$, échangeable avec celles de Ψ_x, V_m admet une forme quadratique extérieure à dérivée covariante nulle de rang maximum $m = 2n$, donc une structure pseudo-kählerienne [localement kählerienne dans la terminologie de (4)] et réciproquement. En particulier :

THÉORÈME 4. — *Pour que V_m irréductible admette une structure pseudo-kählerienne, il faut et il suffit qu'il existe au moins une rotation propre, différente de $\pm e$, échangeable avec celles de Ψ_x.*

Dans le cas analytique réel au moins, une structure pseudo-kählerienne dérive évidemment d'une structure kählerienne

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la convergence presque certaine au sens de Cesaro de variables aléatoires et sur certaines inégalités concernant les fonctions caractéristiques.* Note (*) de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration du fait que l'existence de E(X) est *nécessaire* pour la convergence presque certaine au sens de Cesaro. Établissement d'une condition nécessaire et suffisante sur la fonction caractéristique pour que E(X) existe.

Notations. — $X \xrightarrow{\mathfrak{P}} a$, $X \xrightarrow{p} a$ signifient respectivement X converge presque certainement vers a et converge en probabilité vers a.

1. $X_1, \ldots, X_n$ étant des variables aléatoires indépendantes obéissant à la même loi, M. Kolmogoroff a établi qu'il suffisait que E(X) existe pour que $[(X_1 + \ldots + X_n)/n] \xrightarrow{\mathfrak{P}} E(X)$. Je vais établir :

THÉORÈME I. — *Il est* nécessaire *que* E(X) *existe et soit égale à a pour que* $[(X_1 + \ldots + X_n)/n] \xrightarrow{\mathfrak{P}} a$.

---

(4) A. Lichnerowicz, *Colloque de Géométrie différentielle*, Louvain, 1951, p. 99-122 et Exposé au Séminaire Bourbaki, février 1952.

(*) Séance du 28 avril 1952.

En effet, si

$$\frac{X_1+\ldots+X_n}{n} \xrightarrow{\mathfrak{L}} a, \quad \frac{X_1+\ldots+X_n}{n+1} \xrightarrow{\mathfrak{L}} a$$

aussi et

$$\frac{X_{n+1}}{n+1} = \frac{X_1+\ldots+X_{n+1}}{n+1} - \frac{X_1+\ldots+X_n}{n+1},$$

différence de deux quantités qui convergent presque certainement vers a converge presque certainement vers zéro. Or pour que $(X_n/n) \xrightarrow{\mathfrak{L}} 0$, il est nécessaire que $E(X)$ existe. En effet, si $(X_n/n) \xrightarrow{\mathfrak{L}} 0$ *tous les* X_n *étant indépendants* il est nécessaire que $P_r(|X_n| \geq n\varepsilon)$ soit le terme général d'une série convergente quel que soit ε; donc que la série $\sum_1^\infty \left[1 - F(n\varepsilon)\right] + F(-n\varepsilon)$ et par conséquent que $\sum[1-F(n\varepsilon)]$ et $\sum F(-n\varepsilon)$ soient convergentes. Or, d'après un raisonnement de M. Kolmogoroff,

$$1 - F(n\varepsilon) = \{F[(n+1)\varepsilon] - F(n\varepsilon)\} + \{F[(n+2)\varepsilon] - F[(n+1)\varepsilon]\} + \ldots.$$

Donc

$$\sum_1^\infty 1 - F(n\varepsilon) = \sum_{p=1}^\infty p\{F[(p+1)\varepsilon] - F(p\varepsilon)\}$$
$$= -[1-F(\varepsilon)] + \sum_{p=1}^\infty (p+1)\{F[(p+1)\varepsilon] - F(p\varepsilon)\}$$

et

$$1 - F(\varepsilon) + \sum_1^\infty [1 - F(n\varepsilon)] > \frac{1}{\varepsilon}\int_\varepsilon^{+\infty} x\,dF(x).$$

Si la série $\sum[1-F(n\varepsilon)]$ converge quel que soit ε $\int_0^{+\infty} x\,dF(x)$ existe et de même si $\sum F(-n\varepsilon)$ converge $\int_{-\infty}^0 x\,dF(x)$ existe. Donc $E(X)$ existe et d'après le théorème direct elle ne peut être égale qu'à a. J'ai montré [1] qu'on pouvait avoir $(X_1+\ldots+X_n)/n \xrightarrow{p} a$ [il est pour cela nécessaire et suffisant que φ étant la fonction caractéristique on ait $\varphi'(0) = ia$] sans que $E(X)$ existe. Dans ce cas en vertu d'un théorème connu il existe une suite infinie d'indices $n_1, \ldots, n_p$, tels que $(X_1+\ldots+X_{n_p})/n_p \xrightarrow{\mathfrak{L}} -i\varphi'(0)$ alors que la suite complète diverge presque certainement. De même :

Théorème II. — *Il est* nécessaire *que* $E(X)$ *existe et soit égale à a pour que* $(X_1+\ldots+X_{n_p})/n_p \xrightarrow{\mathfrak{L}} a$ *pour une suite d'indices* $n_1, n_2, \ldots, n_{2p}, n_{2p+1}$, *tels que* $n_{2p} - n_{2p-1}$ *soit un nombre fixe et que* $n_{2p} = O(p)$.

---

[1] *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 317.

2. Nous allons établir une condition nécessaire et suffisante sur $\varphi(t)$ pour que $E(X)$ existe en utilisant des inégalités dues à MM. Doob et Kolmogoroff. On a

$$t\int_0^{\frac{1}{t}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du = t\int_0^{\frac{1}{t}} du \int_{-\infty}^{+\infty} (1-\cos ux)\,dF(x) = \int_{-\infty}^{+\infty}\left(1-\frac{t}{x}\sin\frac{x}{t}\right)dF(x).$$

Donc

$$(1-\sin 1)\int_{|x|>t} dF(x) < t\int_0^{\frac{1}{t}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du < \frac{1}{6}\int_{-t}^{+t}\frac{x^2}{t^2}\,dF(x) + 2\int_{|x|>t} dF(x),$$

ou

$$\frac{19}{120}[1-F(n)+F(-n)] < n\int_0^{\frac{1}{n}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du$$
$$< \frac{1}{6n^2}\int_{-n}^{+n} x^2\,dF(x) + 2[1-F(n)+F(-n)].$$

Or d'après les majorations du paragraphe 1 :

$$-[1-F(1)+F(-1)] + \int_{-\infty}^{-1}|x|\,dF(x) + \int_1^{+\infty} x\,dF(x)$$
$$< \sum_1^{\infty}[1-F(n)+F(-n)] < \int_0^{+\infty} x\,dF(x) + \int_{-\infty}^0 |x|\,dF(x)$$

et

$$\sum_1^{\infty}\frac{1}{n^2}\int_{-n}^{+n} x^2\,dF(x) = \sum_{p=1}^{\infty}\left\{\left[\int_{-p}^{-(p-1)} + \int_{p-1}^{p} x^2\,dF(x)\right]\sum_{n\geq p}\frac{1}{n^2}\right\}$$
$$< \sum_{p=1}^{\infty}\left\{\frac{2}{p}\left[\int_{-p}^{-(p-1)} + \int_{p-1}^{p} x^2\,dF(x)\right]\right\} < 2\,E(|X|).$$

$$\frac{19}{120}\left[E|X| - \int_{-1}^{+1}|x|\,dF(x) - 1 - F[(1)+(F-1)]\right]$$
$$< \sum_1^{\infty} n\int_0^{\frac{1}{n}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du < \frac{7}{3}E(|X|).$$

Pour que $E(X)$ existe il est donc nécessaire et suffisant que la série

$$\sum_{n=1}^{\infty} n\int_0^{\frac{1}{n}} \mathcal{R}[1-\varphi(u)]\,du \quad \text{ou} \quad \sum_{n=1}^{\infty}\int_0^1 \mathcal{R}\left[1-\varphi\left(\frac{t}{n}\right)\right]dt$$

converge. Cette condition est tout à fait symétrique de celle trouvée au paragraphe I sur la fonction de probabilité totale : convergence de la série $\sum[1-F(nx)+F(-nx)]$. En l'utilisant on peut établir le théorème

direct de Kolmogoroff au moyen du procédé par lequel M. Darmois dans son cours de l'Institut de Statistique démontre le théorème de Glivenko-Cantelli. Comme cas particulier on a :

Théorème III. — *Si $f(x)$ est une fonction définie continue entre $-\pi$ et $+\pi$ paire et dont tous les coefficients de Fourier de cosinus a_n sont positifs pour que la série $\sum n\, a_n$ soit convergente, il est nécessaire et suffisant que :*

$$\sum_{n=1}^{\infty} \int_0^1 \left[f(0) - f\left(\frac{x}{n}\right)\right] dx \quad \textit{soit convergente.}$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Convexité et information.* Note de M. **Robert Féron**, présentée par M. Émile Borel.

On peut songer à définir notre incertitude sur la valeur qu'est susceptible de prendre une variable aléatoire Y de densité de probabilité $f(y)$ par

$$(1) \qquad \mathcal{I}_Y = \int_{-\infty}^{+\infty} H[f(y)]\, dy.$$

Cette formule ne permettra pas en général de définir $\mathcal{I}_Y$ quel que soit $f(y)$ car l'intégrale (1) peut fort bien ne pas exister. Toutefois, l'intégrale (1) existera toujours quand Y a une étendue finie si

$$(2) \qquad H(0) = 0.$$

De plus nous désirons que l'incertitude sur toute variable Y′ de densité de probabilité $\lambda f(\lambda y)$ soit supérieure à l'incertitude sur Y si $\lambda < 1$

$$(3) \qquad \mathcal{I}_{Y'} > \mathcal{I}_Y \quad \text{si} \quad \lambda < 1.$$

On peut montrer que (2) étant vérifiée, *la condition nécessaire et suffisante pour que* (3) *le soit, est que* H *soit une fonction concave.* Nous sommes donc conduits à prendre la formule (1) où H est une fonction concave comme définition de l'incertitude.

Avec cette définition, on peut montrer qu'étant donné un couple aléatoire XY, *l'incertitude $\mathcal{I}_{Y_x}$ sur la variable aléatoire liée Y_x est en moyenne inférieure à l'incertitude $\mathcal{I}_Y$ sur la variable marginale* Y

$$(4) \qquad \mathcal{I}_Y - \mathfrak{M}\mathcal{I}_{Y_x} \geq 0.$$

La définition (1) peut se généraliser et l'incertitude $\mathcal{I}_Y$ sur la variable aléatoire Y de fonction de répartition $F(y)$ peut être définie comme une fonctionnelle $\Phi(F(y))$

Nous dirons que Φ est une fonctionnelle concave si quelles que soient les

fonctions de répartition $F_i(y)$ pour lesquelles Φ est définie, on a

$$\Phi\left[\frac{F_1(y)+F_2(y)}{2}\right] \geqq \frac{1}{2}\{\Phi[F_1(y)]+\Phi[F_2(y)]\}. \tag{5}$$

Nous dirons que Φ est une fonctionnelle strictement concave si (5) est vérifiée quelles que soient $F_1(y)$ et $F_2(y)$ et si de plus on ne peut avoir le signe égal dans (5) que si $F_1(y)=F_2(y)$.

On peut montrer que :

La condition nécessaire et suffisante pour que le gain d'information

$$\Delta\mathcal{I} = \mathcal{I}_Y - \mathfrak{M}\mathcal{I}_{Y_x}$$

ne puisse être négatif pour aucun couple de variables aléatoires XY *est que* Φ *soit une fonctionnelle concave.*

Nous aurons évidemment $\Delta\mathcal{I}=0$ si X et Y sont indépendantes.

Il en sera de même si $F_x(y)$ est identique à $F(y)$ sauf peut-être pour un ensemble de valeurs de X de probabilité nulle. (Nous conviendrons de dire que dans ce cas nous avons indépendance presque sûre entre X et Y). Mais il peut arriver que $\Delta\mathcal{I}$ soit nul sans que nous ayons indépendance presque sûre entre X et Y.

Un exemple permet de s'en rendre compte aisément. Si nous prenons pour quantité d'information le moment typique d'ordre k de Fréchet, alors il suffit que la valeur typique d'ordre k soit constante pour que $\Delta\mathcal{I}=0$.

Par contre, si Φ est une fonctionnelle strictement concave, on ne pourra avoir $\Delta\mathcal{I}=0$ que si nous avons indépendance presque sûre entre X et Y.

Il en sera notamment ainsi si nous prenons pour Φ l'entropie de Shannon [1].

On peut généraliser la notion de gain d'information de la manière suivante : A tout couple de fonctions de répartition $F(y)$, $G(y)$ on associe un nombre $\psi[F(y), G(y)]$ tel que $\psi=0$ si $F(y)\equiv G(y)$ et que

$$\Delta\mathcal{I} = \mathfrak{M}_x\psi[F(y), F_x(y)]$$

soit nécessairement positif ou nul.

On peut évidemment prendre

$$\psi[F(y), G(y)] = \Phi[F(y)] - \Phi[G(y)],$$

où Φ est une fonctionnelle concave.

Mais on peut aussi prendre pour ψ une mesure quelconque de l'écart entre $F(y)$ et $G(y)$. Avec cette dernière définition du gain d'information on retrouve comme indices de corrélation l'indice simple de connexion partielle de Gini, l'indice quadratique de connexion partielle de Gini et l'indice simple de dissemblance de Gini.

---

(1) Il serait préférable de dire l'entropie de Shannon-Hartley R. V. L. HARTLEY, *Transmission of information* (*Bell System Techn. Jour.*, 8, 1928, p. 535).

CALCUL DES PROBABILITÉS ET THERMODYNAMIQUE. — *Les démons de Maxwell.* Note de M. **Benoit Mandelbrot**, présentée par M. Émile Borel.

Le concept de *démon de Maxwell*, convenablement généralisé, possède toutes les propriétés requises pour servir de comparateur de stratégies appartenant à des classes différentes. Il englobe la plupart des procédés techniques de modulation.

1. *Concept de durée intrinsèque.* — Il a été introduit dans une Note précédente ([1]), dont la présente est la continuation. Il justifie l'attribution d'un même substantif aux informations *fishérienne* et *sélective* (de Shannon) et à des informations d'autres « classes ». Mais, malgré diverses analogies, ces *informations ne sont nullement interchangeables et des erreurs graves* peuvent résulter de leur confusion (et en particulier de l'identification trop hâtive au « cycle d'information » de C. E. Shannon des « cycles » qui interviennent dans la théorie de la mesure). Il faut donc introduire des moyens de comparer diverses informations entre elles.

2. *Les démons de Maxwell.* — Cette comparaison exige la considération des *instruments qui, pour transmettre l'information d'une première classe* (*a*), *se servent de stratégies appartenant à une autre classe* (*b*) (*ou n'appartenant à aucune classe*). Il y en a au moins autant que de couples de classes : nous les appellerons *démons de Maxwell* (*a*, *b*).

Ces démons peuvent être utilisés de deux façons distinctes :

a. les deux classes sont connues, et considérées symétriquement. Alors, *ou bien on démontre* l'impossibilité d'un démon ayant un rendement supérieur à 1 [cette démonstration est transitive, en ce sens que si (1, 2) et (2, 3) sont impossibles, (1, 3) l'est aussi automatiquement]; *ou bien on constate* qu'un tel démon est possible : dans ce cas, il faut réviser et élargir la définition de la première classe et de sa durée;

b. l'une des classes est inconnue. Alors *on déduit* l'indétermination correspondante, donc la durée, du principe de l'impossibilité d'un rendement supérieur à 1. (Si cette deuxième durée mène à des contradictions, il faut également réviser la première classe. Interpréter ainsi simplement le démon comme comparateur de durées peut éviter de suggérer des analogies factices entre les deux classes de stratégies que l'on compare.)

Par exemple, le démon thermique-quantique a été explicitement étudié suivant la première méthode par L. Brillouin ([2]) et la deuxième par P. Demers ([3]) et par N. Wiener et D. Gabor.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1345.
([2]) *J. Appl. Phys.*, 22, 1951, p. 334.
([3]) *Can. J. Research*, 1944 et 1945.

3. *Origine des démons-instruments.* — Ils ont été successivement introduits pour rendre accessible à l'analyse un « démon » original, imprécis et complexe, imaginé par Maxwell. Ce savant avait poussé trop loin cette simplification, et ne considérait qu'une seule des stratégies (les autres étant donc implicitement supposées sans substrat physique). Ceci le menait au *paradoxe de l'augmentation de l'information sélective potentielle* (*cf.* § 4) : c'était là d'ailleurs le but de l'introduction du « démon » original.

Pour faire disparaître le paradoxe, il a suffi cependant de conserver *deux quelconques des opérations :* tous les schémas effectivement considérés sont donc des démons selon notre définition. Celle-ci a cependant l'avantage de donner une claire perception de leur multiplicité et d'englober d'autres instruments (par exemple le « microscope gamma » de W. Heisenberg).

4. *Les démons sélectifs* ([4]). — On appelle deuxième loi de la Thermodynamique l'énoncé de l'impossibilité d'un rendement supérieur à un d'un démon à premier terme sélectif, donc du caractère *absolument optimal de la classe sélective.*

Si l'on néglige la structure particulaire de l'énergie et de la matière, l'information sélective est toujours transmise, en dernière analyse, par les variations d'un signal en fonction du temps. Soit T sa température. Les indéterminations de temps τ et de puissance disponible δ sont liées par la relation $\tau\delta \geqq kT/2$.

Si τ, δ, et la puissance moyenne P du signal, sont donnés, le maximum de l'information sélective qu'il peut transmettre est $H' = H \log_2 e$, où

$$H = \frac{1}{2\tau}\log_e\left(1 + \frac{P}{\delta}\right) = \frac{\delta}{kT}\log_e\left(1 + \frac{P}{\delta}\right) = \frac{P}{kT}\left[\frac{\delta}{P}\log\left(1 + \frac{P}{\delta}\right)\right] = SG\left(\frac{P}{\delta}\right).$$

Lorsque τ décroît, H croît asymptotiquement vers $S = P/kT$, qu'on appellera *capacité informationnelle sélective potentielle* de la classe de stratégies sélectives pouvant se rattacher au signal considéré.

Ces stratégies idéales n'auraient comporté aucune erreur, mais elles sont tout à fait irréalisables. Par suite : d'une part, *tout procédé effectif de transmission d'information sélective sera nécessairement un démon*, et d'autre part, *il comportera* nécessairement un certain pour-cent *d'erreur.*

On considère couramment que l'information à transmettre dans les problèmes techniques est sélective. L'unique problème de la technique de la modulation serait alors un « problème *direct* » d'étude du « meilleur » deuxième terme d'un démon à premier terme sélectif.

5. *Démon sélectif-thermique quantificateur.* — Considérons par exemple un démon du type de la modulation à impulsions codées (PCM) (qui se rapproche du modèle de Maxwell où il s'agit de reconnaître si l'amplitude d'un signal dépasse ou non A). Soit donc un signal à deux valeurs $P = h\delta$ et $-P$, auquel

---

([4]) L. Szilard, *Z. Physik.*, 53, 1929, p. 840.

se superpose un « bruit » normal de Laplace-Gauss d'écart δ. Notre stratégie sera d'identifier à $+P$ tout signal reçu positif et à $-P$ tout signal négatif. La probabilité d'erreur est $p=p(h)$. L'information reçue est en apparence $1/\tau = 2\delta/kT = 2P/hkT = 2S/h$. Elle pourrait devenir supérieure à l'information potentielle $S \log_2 e$ si $h < 2\log_e 2 = 1,3862$, c'est-à-dire si la probabilité d'erreur admissible était $p \geqq 0,084$.

Ce démon de Maxwell est donc capable d'échanger de la sécurité contre un excédent d'information sélective. Or, le concept de l' « équivocation des résultats » $E = -p\log p + (1-p)\log(1-p)$ permet de comparer ces deux notions. L'inégalité $h/2\log_e 2 > 1 + p\log p + (1-p)\log(1-p)$ montre que l'échange qu'effectue ce démon a au plus un rendement égal à 1. Le *gain d'information sélective* qu'il semble obtenir au delà de l'information potentielle *est donc bien illusoire*.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les points singuliers des systèmes canoniques admettant un nombre d'intégrales premières uniformes en involution égal à celui des degrés de liberté.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Considérons un système mécanique à n degrés de liberté où $q_1, q_2, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n$ sont des variables canoniques, admettant n intégrales premières uniformes en involution indépendantes :

$$f_1(q,p)=c_1, \quad f_2(q,p)=c_2, \quad \ldots, \quad f_n(q,p)=c_n,$$

Dans l'espace à $2n$ dimensions $E(q,p)$, ces équations définissent une variété $\mathfrak{M}_c$ à n dimensions.

2. Un rôle essentiel dans l'étude des équations de la mécanique généralisées (*Bulletin Astronomique*, t. XIII, p. 309 et *Contributions de l'Institut d'Astrophysique*, Série A, n° 25) est tenu par le tableau :

$$T\left\|\begin{matrix} \frac{\partial f_1}{\partial q_1} & \frac{\partial f_1}{\partial q_2} & \ldots & \frac{\partial f_1}{\partial q_n} & \frac{\partial f_1}{\partial p_1} & \frac{\partial f_1}{\partial p_2} & \ldots & \frac{\partial f_1}{\partial p_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial q_1} & \frac{\partial f_2}{\partial q_2} & \ldots & \frac{\partial f_2}{\partial q_n} & \frac{\partial f_2}{\partial p_1} & \frac{\partial f_2}{\partial p_2} & \ldots & \frac{\partial f_2}{\partial p_n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \frac{\partial f_n}{\partial q_1} & \frac{\partial f_n}{\partial q_2} & \ldots & \frac{\partial f_n}{\partial q_n} & \frac{\partial f_n}{\partial p_1} & \frac{\partial f_n}{\partial p_2} & \ldots & \frac{\partial f_n}{\partial p_n} \end{matrix}\right\|$$

Un point M de E est dit singulier d'ordre p, si en ce point le rang de T s'abaisse à $n-p$. Nous nous proposons ici de trouver les points singuliers d'ordre 1 au moins.

3. Plaçons-nous d'abord au point de vue local en un point singulier d'ordre 1 ; on montre que, par changement des intégrales premières et par changement

local de variables canoniques, on peut supposer au voisinage de ce point

$$\delta \equiv \frac{D(f_2, f_3, \ldots, f_n)}{D(q_2, q_3, \ldots, q_n)} \neq 0, \qquad f_i = q_i \qquad (i = 2, 3, \ldots, n).$$

Les points singuliers sont alors définis au voisinage du point considéré par le système

$$\frac{\partial f_1}{\partial q_1} = 0, \qquad \frac{\partial f_1}{\partial p_1} = 0, \qquad \Delta = \frac{D\left(\dfrac{\partial f_1}{\partial q_1}, \dfrac{\partial f_1}{\partial p_1}\right)}{D(q_1, p_1)} \neq 0,$$

et constituent dans ce voisinage une variété à $2n-2$ dimensions et non à $n-1$ dimensions comme on aurait pu s'y attendre d'après une énumération. La variété $\mathcal{M}_c$ correspondante est à $2n-1$ dimensions dans le domaine réel, si $\Delta > 0$.

Pour qu'un point soit singulier, il faut et suffit que les c_i correspondant à ce point vérifient une relation

$$\theta(c_1, c_2, \ldots, c_n) = 0.$$

4. Les considérations précédentes, pour être appliquées, doivent être écrites en langage intégral, de manière à être valables en un point quelconque de l'espace E et non plus seulement localement.

Plaçons-nous en un point où $\delta \neq 0$, un rôle essentiel dans la théorie est joué par le système aux dérivées partielles complètement intégrable :

$$\text{(S)} \qquad (\varphi, f_i) = 0 \qquad (i = 2, 3, \ldots, n)$$

qui est vérifié par $f_1, f_2, \ldots, f_n$. On peut ainsi exprimer $\partial f_i / \partial p_k$ $(k = 2, 3, \ldots, n)$ en fonction de $\partial f_i / \partial p_1$, $\partial f_i / \partial q_1$, $\partial f_i / \partial q_2$, $\ldots$, $\partial f_i / \partial q_n$, en substituant dans les conditions de singularité, on constate que celles-ci se réduisent à 2 :

$$D = \frac{D(f_1, f_2, \ldots, f_n)}{D(q_1, q_2, \ldots, q_n)} = 0, \qquad D' = \frac{D(f_1, f_2, \ldots, f_n)}{D(p_1, q_2, \ldots, q_n)} = 0,$$

établissant à nouveau que la variété des points singuliers correspondant à $2n-2$ dimensions.

5. En permutant les indices des f_i et des variables canoniques, on en déduit que les variétés de points singuliers ont $2n-2$ dimensions, sont en nombre fini et que, pour qu'une variété intégrale contienne un point singulier, il faut et suffit que les constantes c qui la définissent vérifient une des relations $\theta = 0$ précédemment écrite.

6. Il reste cependant à calculer Δ. Pour cela, utilisons encore le système S, si φ et φ' sont deux solutions quelconques de ce système, on a

$$\Delta = \frac{\big((f_1, \varphi), (f_1, \varphi')\big)}{(\varphi, \varphi')}.$$

Des transformations de déterminants utilisant le système S permettent d'établir que

$$\Delta = (D, D').$$

Le second membre est donc calculable au moyen des variables initiales et l'on peut ainsi étudier complètement les lieux de points singuliers.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Une nouvelle approximation pour l'étude des écoulements subsoniques et transsoniques.* Note (*) de MM. **Paul Germain** et **Marc Liger**, présentée par M. Joseph Pérès.

Une nouvelle méthode ([1]) est proposée pour ramener l'étude approchée de ces écoulements à celle des solutions de l'équation de Tricomi. Cette approximation est très satisfaisante pour toute une gamme de vitesses allant du repos à une vitesse dépassant légèrement la célérité du son. Quelques exemples simples sont envisagés.

Comme dans une Note précédente ([1]), on ramène l'étude d'une équation

$$k(\sigma)\psi_{\theta\theta} + \psi_{\sigma\sigma} = 0 \tag{1}$$

définissant les écoulements d'un fluide fictif voisin des fluides réels, à celle d'une équation de Tricomi (T) : $z u_{xx} + u_{zz} = 0$. Posons ([2])

$$3y = 2z^{\frac{3}{2}}, \qquad x + iy = \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{a} + is\right), \qquad \beta(s)\psi(\theta, s) = y^{\frac{1}{6}} u(z, x),$$

a étant une constante numérique; si $\beta(s)$ est solution de

$$9 \operatorname{sh}^2 2s\, \beta'' + 5\beta = 0, \tag{2}$$

$\psi(\theta, s)$ est solution de (1), si l'on définit $k(\sigma)$ de la manière suivante :

$$\sigma = \int_0^s [K\beta(t)]^{-2}\, dt, \qquad k(\sigma) = a^2 K^4 \beta^4,$$

K étant une nouvelle constante. Les solutions de (2) s'expriment aisément à l'aide de fonctions hypergéométriques; pour que $k(\sigma)$ ait les propriétés voulues, on est amené à choisir la solution :

$$\beta(s) = F\left(\frac{1}{12}, \frac{5}{12}, 1, -\operatorname{sh}^{-2} 2s\right).$$

1. A une solution de l'équation (T) correspond une solution de (1) et réciproquement; en particulier les solutions de (1) de la forme $f(\sigma)\cos(n\theta + b)$

(*) Séance du 21 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 592.

([2]) Cette transformation est équivalente à une transformation envisagée par Darboux, *Théorie des surfaces*, II, livre 4, Chapitre 3.

correspondent aux solutions générales [3] de Darboux de (T) singulières au point $x=0$, $y=1$.

Soient V et ρV la vitesse et la quantité de mouvement rapportées à leurs valeurs critiques; on obtient pour ces quantités des expressions assez simples en supposant $a=1$, ce que nous ferons dans la suite (bien qu'une valeur de a voisine de 0,5 fournirait une meilleure approximation); les formules sont les suivantes :

$$\frac{\beta}{V}=\operatorname{ch}s\left[C_1(\operatorname{th}s)^{\frac{1}{6}}+C_2(\operatorname{th}s)^{\frac{5}{6}}\right],\qquad \frac{1}{\rho V}=K^2\beta^2\frac{d}{ds}\left(\frac{1}{V}\right),$$

C_1 et C_2 sont des constantes déterminées. En prenant $K=0,8367$, on obtient une loi de compressibilité pour le fluide fictif approchant de façon très satisfaisante celle des gaz réels pour V comprise entre 0 et 1,1.

2. Les nombreux résultats [3] connus sur l'équation de Tricomi trouvent ainsi d'intéressantes applications. Soit comme premier exemple celui du jet critique, les parois étant supposées normales à l'axe du jet. Dans le plan de Tricomi x, z il s'agit de résoudre un problème de Dirichlet dans un domaine limité par un arc de « courbe normale » et un segment de la ligne sonique; or nous savons résoudre ce problème avec des formules explicites. Le calcul des dimensions caractéristiques du jet est particulièrement simple : si $c=(1+\eta)^{-1}$ désigne le coefficient de contraction et ξ la longueur du jet rapportée à la demi-largeur finale, on a

$$\xi=\frac{10}{9\pi}K^2\int_0^1(1+u)^{-\frac{11}{6}}F\left(\frac{1}{12},\frac{7}{12},1,u^2\right)F\left(\frac{11}{6},\frac{3}{2},\frac{5}{2},\frac{2u}{1+u}\right)du,$$

$$\eta=\frac{10}{9\pi}K^2\int_0^1(1+u)^{-\frac{11}{6}}F\left(\frac{1}{12},\frac{7}{12},1,u^2\right)F\left(\frac{11}{6},1,\frac{5}{2},\frac{2u}{1+u}\right)du$$

avec la valeur de K choisie plus haut on obtient $c=0,746$ et $\xi=1,598$, valeurs très voisines des valeurs exactes.

3. On obtiendra des écoulements autour de profils en partant de solutions générales [3] de Darboux de l'équation de Tricomi correspondant à $s=1/2$, ayant leurs singularités au point $(0, y_0)$ du demi-plan elliptique; posons

$$\alpha=\arcsin\frac{x}{yX},\qquad X^2=\frac{[x^2+(y-y_0)^2][x^2+(y+y_0)^2]}{4y^2y_0^2},$$

ces solutions s'écrivent

$$\Psi_1=\sin\frac{\alpha}{2}X^{-\frac{1}{2}}\beta^{-1}\operatorname{ch}\left(\frac{1}{3}\operatorname{Arg\,sh}X\right),\qquad \Psi_2=\sin\frac{\alpha}{2}X^{-\frac{1}{2}}\beta^{-1}\operatorname{sh}\left(\frac{1}{3}\operatorname{Arg\,sh}X\right);$$

la combinaison linéaire $\Psi=\Psi_2-\operatorname{th}\gamma\,\Psi_1$ (γ est une constante) s'annule le

---

(3) P. GERMAIN et BADEN. *Sur quelques problèmes relatifs à l'équation de type mixte de Tricomi* (*Publication O. N. E. R. A.*, 1950).

long du cercle (Γ) du plan x, y : $X = \mathrm{Sh}\,3\gamma$. Si γ est infini, (Γ) est confondu avec la ligne sonique; le profil est alors constitué de deux plaques normales au vent reliées par deux lignes de jet « critiques »; d'après un résultat connu on obtient ainsi, dans le cadre de cette approximation, la valeur maxima de l'épaisseur relative des profils ayant un même nombre de Mach critique. Pour une valeur γ_0 de γ, (Γ) passe par le point (0, 1) correspondant à la vitesse nulle; le profil correspondant présente un bord d'attaque et un bord de fuite pointus. Si $\gamma > \gamma_0$, une partie du profil est formée de segments rectilignes; si $\gamma < \gamma_0$, le profil présente deux points de rebroussement. Dans tous les cas qui viennent d'être envisagés, les calculs conduisant à la détermination du profil présentent de grosses simplifications.

Plus généralement, on pourra utiliser les solutions de Darboux d'exposant $s = p + 1/2$ $(p > 0)$.

Ainsi la solution $\Psi = \Psi_1 - k\Psi_2 + \lambda\Psi_3$ où

$$\Psi_3 = \sin\frac{3\alpha}{2} X^{-\frac{1}{2}} \beta^{-1}\left[\frac{1}{3} - (1+X^2)^{\frac{1}{2}} X^{-1}\,\mathrm{th}\left(\frac{1}{3}\mathrm{Arg\,sh}\,X\right)\right]\mathrm{ch}\left(\frac{1}{3}\mathrm{Arg\,sh}\,X\right)$$

correspond, pour un choix convenable des constantes y_0, k, λ, à un profil (P) le long duquel la vitesse devient supersonique. Dans le plan (x, y) la courbe $\Psi = 0$ est algébrique, et les coordonnées de (P) dans le plan de l'écoulement s'obtiennent par quadratures.

AÉROTECHNIQUE. — *Quelques contributions à la méthode du fil chaud.* Note (*) de M. Gottfried Dätwyler, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Dans les mesures de la turbulence l'étalonnage compliqué des fils chauds par variation de la vitesse U peut être remplacé par l'étalonnage plus commode par variation du courant de chauffage I. La relation entre les variations dU et dI donnant la même variation dt de la température et donc la même variation dR de la résistance du fil chaud est obtenue de la loi de King

$$I^2 R = (a + b\sqrt{U})(R - R_a) \quad (^1).$$

Par deux différentiations partielles, dont une avec $U = \text{const.}$, et l'autre avec $I = \text{const.}$, puis avec $I_0^2 = a(R - R_a)$, on obtient, après division par $I^2 R$,

$$4\frac{dI}{I} = -\left[1 - \left(\frac{I_0}{I}\right)^2\right]\frac{dU}{U}.$$

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) J. M. Burgers, *Hitzdrahtmessungen. Handbuch der Experimental-Physik*, IV. 1. Teil, 1931, p. 637-667 (*Akademische Verlagsgesellschaft*, m. b. H., Leipzig).

En remplaçant les différentielles par des valeurs petites, il vient enfin

$$\frac{\sqrt{\overline{u^2}}}{U} = u' = \frac{4}{1-\left(\frac{I_0}{I}\right)^2}\frac{i}{I}.$$

L'utilisation pratique de ce résultat avec l'anémomètre à fil chaud a été exposée ailleurs ([2]).

2. Suivant une méthode exposée ailleurs ([3]), le courant I_0 peut être calculé comme suit :

Dans l'expression donnée pour le courant de chauffage

$$I = \frac{\pi D}{2}\sqrt{\frac{\lambda_m N u (t-t_a)}{0,239\, r_0(1+\alpha_0 t)}},$$

le terme $Nu = f(Re)$ doit être remplacé par $Nu_0 = f(Gr)$ qui, pour l'intervalle $10^{-6} \leqq Gr \leqq 10^{-4}$ couvrant le domaine des fils chauds toujours très minces, est bien approché par

$$Nu_0 = 0,45 = \text{const} \quad ([4]).$$

Donc

$$I_0 = \frac{\pi D}{2}\sqrt{\frac{\lambda_m 0,45 (t-t_a)}{0,239\, r_0(1+\alpha_0 t)}},$$

d'où

$$\left(\frac{I_0}{I}\right)^2 = \frac{0,45}{Nu} = \frac{0,45}{c_0(Re)^n} \quad ([5])$$

et

$$\frac{4}{1-\left(\frac{I_0}{I}\right)^2} = \frac{4}{1-\frac{0,45}{c_0(Re)^n}}$$

donnant la courbe de la figure 1. Celle-ci contient quelques séries de points expérimentaux dus à différents auteurs et obtenus avec des fils chauds de différents matériaux, diamètres et longueurs. On voit que la courbe théorique qui strictement n'est valable que pour des fils chauds de longueur infinie représente très bien la réalité.

3. Il arrive souvent pendant la mesure du courant I_0 sans vent que la température t_a de l'air immobile soit un peu différente de celle de l'air en

---

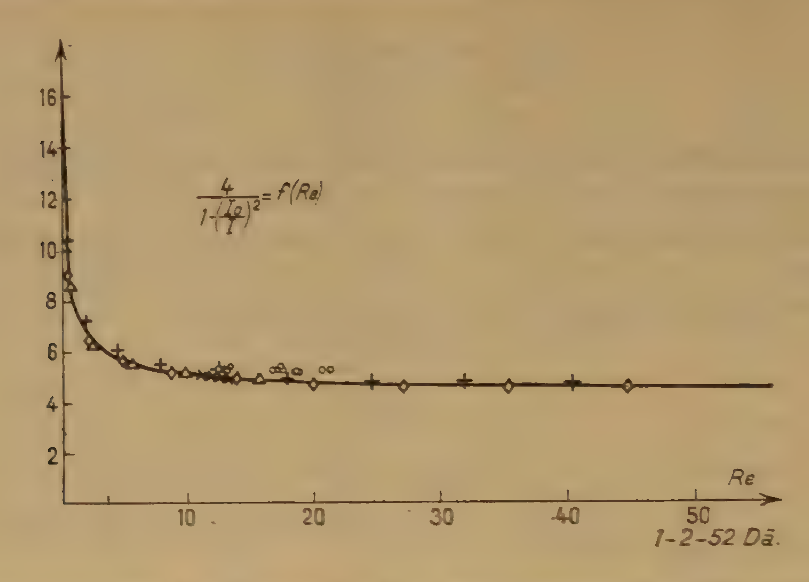
([2]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 945.

([3]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 977.

([4]) Hütte I., 27. Auflage, p. 594, Tafel 7. Berlin, 1941, Verlag Wilhelm Ernst et Sohn.

([5]) *Voir* note ([3]).

mouvement. La correction ainsi nécessaire de la valeur I_0 est calculée comme



suit, la température t du fil chaud, et donc sa résistance $R = E/I = E_0/I_0$, étant constantes (E, E_0, tension au fil chaud). Soit

$$\lambda_m = \lambda_0 - a(t - t_a) \quad (^6)$$

donc

$$I_0 = \frac{\pi D}{2}\sqrt{\frac{\{\lambda_0 + a(t + t_a)\}\, 0,43\,(t - t_a)}{0,239\, r_0\,(1 + \alpha_0 t)}} = K\sqrt{\{\lambda_0 + a(t + t_a)\}\,(t - t_a)}.$$

Par différentiation

$$\frac{dI_0}{dt_a} = K\,\frac{-\lambda_a - 2at_a}{2\sqrt{\{\lambda_0 - a(t - t_a)\}\,(t - t_a)}} = -K^2\,\frac{\lambda_a}{2I_0}$$

et

$$dI_0 = -\frac{K^2\lambda_a}{2I_0}\,dt_a,$$

valable aussi pour de petites valeurs finies. Donc finalement, après substitution de K,

$$\Delta I_0 = -2,32\,\frac{D^2}{r_0(1 + \alpha_0 t)}\,\frac{\lambda_a}{I_0}\,\Delta t_a.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Détermination d'un modèle d'atmosphère stellaire à partir de l'intensité des raies d'absorption.* Note de MM. **Jean-Claude Pecker** et **Henri Van Regemorter**, présentée par M. André Danjon.

Dans l'état actuel de la théorie des atmosphères stellaires, un problème des plus importants est la construction d'un *modèle*, c'est-à-dire la détermination

(6) *Voir* note (3).

de la pression et de la température en fonction de la profondeur, à partir des *données de l'observation*. Jusqu'ici, la seule méthode consiste à déduire ce modèle des mesures de l'*assombrissement* dans le *spectre continu* : le rayonnement du centre du disque de l'étoile nous renseigne sur des couches plus profondes que celui du bord. Mais cette méthode, appliquée notamment par Chalonge, Kourganoff et Barbier, ne permet l'étude que de la photosphère *solaire*; dans le cas des *étoiles*, les mesures concernent l'ensemble du disque; la méthode basée sur le phénomène d'assombrissement n'est pas applicable : on ne dispose guère alors que de méthodes de calcul d'un modèle *a priori*, sans utilisation directe des mesures.

Or, les *raies d'absorption* correspondent à des potentiels d'excitation différents et connus, et se constituent par conséquent dans les différentes couches de l'atmosphère de l'étoile. L'étude des raies doit donc nous donner un moyen de prospecter en profondeur les couches de la photosphère, non seulement du Soleil, mais encore des étoiles.

Nous chercherons donc à trouver une expression de la largeur équivalente W en fonction du potentiel χ d'excitation, comme dans la méthode de l'assombrissement, on exprime la variation de l'intensité I_λ en fonction de la position sur le disque, repérée par l'angle θ des rayons lumineux avec la normale de la photosphère.

L'expression de la largeur équivalente des raies (faibles ou fortes) est donnée, au centre du disque, par

$$(1) \qquad W = 5,28.10^6 g f \lambda^2 A \int_0^\infty \frac{g(\tau)}{\chi_0} f(T, p_e, \chi) \varphi(x, a)\, d\tau,$$

où $g(\tau)$ représente la fonction de poids et $\varphi(x, a)$ la fonction de saturation. Les autres notations sont classiques : l'expression de $f(T, p_e, \chi)$ est détaillée dans des publications antérieures (¹).

Pour les raies faibles $\varphi = 1$. Pour les raies fortes, φ est plus petit, ce qui correspond au palier et à la seconde portion rectiligne de la courbe de croissance. Par l'intermédiaire de φ, l'expression de W dépend de la *turbulence*, tout comme ces régions de la courbe de croissance. Afin d'éliminer cette dépendance, et de déterminer les températures vraies dans l'atmosphère stellaire, nous remplaçons la largeur équivalente W de chaque raie par celle, W′, qu'elle aurait si le phénomène de la turbulence n'avait pas lieu. On peut écrire en définitive

$$(2) \qquad W'(\chi) = 5,28.10^5 g f \lambda^2 A \int_0^\infty e^{-\frac{\chi}{kT}} F(T, p_e, \tau)\, dT.$$

(¹) Claas, *Rech. Astr. Obs. Utrecht*, 12, 1951, p. 1; Pecker, *Ann. Astroph.*, 15, 1951, p. 115.

Nous pouvons remarquer que cette relation est tout à fait analogue à celle qui est utilisée pour l'interprétation des mesures d'assombrisssement :

$$(3) \qquad I_\lambda(\theta) = \int_0^\infty e^{-\frac{\tau}{\cos\theta}} S_\lambda(\tau) \frac{d\tau}{\cos\theta}.$$

La méthode permettant de résoudre (2) sera donc calquée sur celle qui permet de résoudre (3). Nous opérerons comme suit : De la relation entre W′ et χ (pour chaque élément), nous déduirons, par une application de la méthode des moindres carrés, la fonction $F(T, p_e, \tau)$ en fonction de T. Une hypothèse sur la relation $T(\tau)$ nous fournira $p_e(\tau)$. Puis cette dernière fonction nous permettra d'obtenir, par une nouvelle application des moindres carrés, une meilleure relation $T(\tau)$; le procédé pouvant être mené jusqu'à une convergence suffisante et des résidus aussi faibles que possible.

Il faut remarquer que cette méthode semble à certains égards plus puissante que celle de l'assombrissement, puisqu'elle permet d'obtenir des renseignements sur la *pression*, non plus seulement sur la *température*.

De plus, en utilisant non seulement W′, mais W, on peut également atteindre les valeurs de la *vitesse turbulente* dans les différentes couches de l'atmosphère.

Pratiquement, des essais ont été effectués à partir des mesures de raies du fer, du titane, du vanadium, sur l'atlas solaire d'Utrecht. La relation W′(W) est déduite des courbes de croissance empiriques de Wright et de Claas. Les premiers résultats sont encourageants.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Au sujet des méthodes de Feynmann.* Note (*) de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre comment le formalisme précédemment développé par l'auteur permet de retrouver les méthodes introduites par Feynmann, tout au moins en ce qui concerne la résolution d'une équation de Schrödinger. Cette introduction des points de vue de Feynmann permet de donner une autre forme à l'équation de diffusion antérieurement proposée.

Dans des Notes antérieures ([1]) nous avons montré comment ramener le calcul des amplitudes de transition d'un système soumis à l'influence d'un potentiel de durée limitée à celui d'une certaine fonction $\Psi_a(E)$ que nous déterminions par l'équation :

$$(1) \qquad (E - H_0 - H_1)\Psi_a(E) = i\hbar\left(\exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)t_1 - \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)t_2\right)\Phi_a$$
$$- \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)t_2 \int_{+\infty}^{-\infty} \delta(E' - H_0) H_1 \Psi_a(E')\, dE'.$$

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1338, 1049 et 2007.

Nous allons montrer comment la résolution de cette équation permet de trouver les points de vue de Feynmann, en même temps que l'on sera conduit à une équation intégrale remplaçant (1) susceptible d'être plus maniable,

En effet, en développant la solution de (1) suivant les puissances successives de H_1, on trouve pour l'approximation d'ordre zéro.

$$\Psi_a^0(E) = \int_{t_1}^{t_2} \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)\, t\, \Phi_a\, dt,$$

Or si l'on calcule $\Psi_a(E)$ pour un potentiel agissant pendant un temps Δt extrêmement petit, on trouve, en remontant à la définition de cette fonction [2]

$$\Psi_a(E) = \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_a)\, t\, \Phi_a \Delta t$$

si le potentiel a exercé son action entre t et $t + \Delta t$. On constate donc que $\Psi_a^0(E)$, qui permet le calcul des amplitudes du premier ordre, peut être considérée comme la somme de diffusions élémentaires subies aux divers instants compris entre t_1 et t_2.

Considérons maintenant l'approximation du premier ordre de $\Psi_a(E)$ [3]

On vérifie qu'elle peut encore s'écrire

$$(2) \qquad -\frac{i}{\hbar}\Phi_b (H_1)_{ba} \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{t}^{t_2} dt' \exp\frac{i}{\hbar}(E - E_b)\, t' \exp\frac{i}{\hbar}(E_b - E_a)\, t$$

$$= -\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty} dE' \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{t}^{t_2} dt' \exp\frac{i}{\hbar}(E - H_0)\, t' \delta(E' - H_0)\, H_1 \exp\frac{i}{\hbar}(E' - E_a)\, t \Phi_a.$$

En tenant compte des rapports entre la fonction $\Psi_a(E)$ et les amplitudes de diffusion [4], on constate que $-(i/\hbar)\int_{-\infty}^{+\infty} dE' \delta(E' - H_0) H_1 \exp(i/\hbar)(E' - E_a) t \Phi_a\, dt$, l'intégration n'étant effectuée que sur E', représente la portion d'onde diffusée par une diffusion élémentaire prenant place entre t et $t + dt$ et l'équation (2) montre qu'elle subit de nouveau au temps t' une diffusion élémentaire durant pendant dt'. On retrouve ainsi le schéma donné par Feynmann [5] et l'on voit, sur les limites d'intégration de (2), que l'instant de la seconde diffusion élémentaire est nécessairement postérieur à l'instant t de la première. Nous démontrons ainsi la nécessité où était Feynmann de poser son noyau K(2,1) nul pour $t_2 - t_1$ négatif, pour autant que l'on veut résoudre un problème de diffusion régi par une équation de Schrödinger.

---

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1338.
(3) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1746.
(4) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1338.
(5) R. P. Feynmann, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 769.

Par un échange convenable des limites d'intégration on met (2) sous la forme

$$(3)\quad \Psi^1_a(\mathrm{E}) = -\frac{i}{\hbar}\int_{-\infty}^{+\infty} d\mathrm{E}'\int_{t_1}^{t_2} dt'\int_{t_1}^{t''} dt \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)t'\,\delta(\mathrm{E}'-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1 \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}'-\mathrm{E}_a)t\Phi_a.$$

Posons dès lors comme expression de la $n^{\text{ième}}$ approximation :

$$\Psi^h_a(\mathrm{E}) = \left(-\frac{i}{\hbar}\right)^n \int_{-\infty}^{+\infty} d\mathrm{E}_n \ldots \int_{-\infty}^{+\infty} d\mathrm{E}_1 \int_{t_1}^{t_2} d\tau_{n+1}\int_{t_1}^{\tau_{n+1}} d\tau_n \ldots$$
$$\times \int_{t_1}^{\tau_2} d\tau_1 \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1}\,\delta(\mathrm{E}_n-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1 \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}_n-\mathrm{H}_0)\tau_n$$
$$\times\,\delta(\mathrm{E}_{n-1}-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1 \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}_{n-1}-\mathrm{H}_0)\tau_{n-1}\ldots\delta(\mathrm{E}_1-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{E}_a)\tau_1\Phi_a.$$

En portant dans (1), on aura à évaluer la quantité

$$(4)\quad \int_{t_1}^{t_2} d\tau_{n+1}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)^{-1}\Big\{\mathrm{H}_1 \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1}$$
$$- \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)t_2\int\delta(\mathrm{E}'-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}'-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1}\,d\mathrm{E}'\Big\}.$$

Or on montre facilement que

$$\int\delta(\mathrm{E}'-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}'-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1}\,d\mathrm{E}' = \exp\frac{i}{\hbar}\mathrm{H}_0\tau_{n+1}\mathrm{H}_1\exp-\frac{i}{\hbar}\mathrm{H}_0\tau_{n+1},$$

ce qui permet de donner à (4) la forme

$$\int_{t_1}^{t_2} d\tau_{n+1}\Big\{\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1} - \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)t_2\Big\}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)^{-1}\exp$$
$$-\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1}\mathrm{H}_1\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1}$$

et l'on arrive finalement à l'expression

$$-\frac{i}{\hbar}\int d\mathrm{E}_{n+1}\int_{\tau_1}^{t_2} d\tau_{n+1}\int_{\tau_{n+1}}^{t_2} d\tau_{n+2}\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+2}\,\delta(\mathrm{E}_{n+1}-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}_{n+1}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1}$$
$$= -\frac{i}{\hbar}\int d\mathrm{E}_{n+1}\int_{t_1}^{t_2} d\tau_{n+2}\int_{t_1}^{\tau_{n+2}} d\tau_{n+1}\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+2}\,\delta(\mathrm{E}_{n+1}-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}_{n+2}-\mathrm{H}_0)\tau_{n+1},$$

ce qui achève la démonstration.

Si maintenant on pose

$$\Psi_a(\mathrm{E}) = \int_{t_1}^{t_2}\Psi_a(\mathrm{E}, t)\,dt,$$

$\Psi_a(\mathrm{E}, t)$ vérifie par l'équation intrégale suivante :

$$(\mathrm{II})\quad \Psi_a(\mathrm{E}, t) = \exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{E}_a)t\Phi^a - \frac{i}{\hbar}\int d\mathrm{E}'$$
$$\times\int_{t_2}^{t_2} dt'\,\Upsilon(t-t')\exp\frac{i}{\hbar}(\mathrm{E}-\mathrm{H}_0)t\,\delta(\mathrm{E}'-\mathrm{H}_0)\mathrm{H}_1\Psi_a(\mathrm{E}', t')$$

de forme plus simple que l'équation (1) et ayant de plus l'avantage de fournir, dans le cas des spectres continus, une équation intégrale directe pour les coefficients de Fourier de $\Psi_a(E, t)$.

THERMOCINÉTIQUE. — *La calorimétrie des corps non isothermes.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons maintes fois insisté sur l'intérêt des mesures thermocinétiques en régime variable, le corps chaud qui cède de la chaleur par son propre refroidissement étant à la fois le champ de température où se meut la chaleur et la source du flux calorique. Mais la non-uniformité nécessaire de sa température pose alors des problèmes qui peuvent être délicats.

Nous nous sommes proposé d'étudier l'échange thermique avec l'extérieur d'un corps C plongé plus ou moins profondément dans un calorimètre constitué par un vase de Dewar, et pour que le contact fût bon entre ce corps et la paroi, nous l'avons constitué par du mercure. Ce mercure étant initialement porté à une température uniforme T_0 différente de la température ambiante prise pour zéro, il suffit d'observer son réchauffement ou son refroidissement spontanés pour connaître le coefficient d'échange h cherché.

La profondeur du bain de mercure étant H, et la chaleur spécifique voluminique étant $c\rho$, on a l'équation calorimétrique.

$$-\mathrm{H}c\rho\frac{d\mathrm{T}}{dt}=h\mathrm{T}. \tag{1}$$

Mais le mercure, bien que sa conductivité λ soit notablement plus élevée que celle de l'eau, n'est pas conducteur au point de rester isotherme malgré le flux de chaleur qu'il émet. On calcule, dans le système c. g. s. joule, que, h étant 0,001 et $\mathrm{H}c\rho$, 30, et T_0 valant 10°, le flux de chaleur, à sa valeur maximum, entraînerait en régime stationnaire une différence d'environ 2° entre la surface et le fond. Il est donc nécessaire d'étudier avec précision, et en régime variable puisque le régime est variable, l'hétérogénéité de la température du mercure, la relation (1) ne pouvant être simplement appliquée à la température du mercure relevée à mi-profondeur.

Faisant en première approximation l'hypothèse de l'indépendance de h relativement aux températures, et considérant le mercure comme un mur parfaitement isolé pour le reste, l'origine des abscisses étant prise sur le fond traité comme plat, la distribution des températures au temps t et à l'abscisse x est donnée par la loi

$$\mathrm{T}=\mathrm{T}_0\sum_u \frac{2\sin u}{u+\sin u\cos u}\cos u\frac{x}{\mathrm{H}}e^{-\frac{\lambda u^2}{c\rho\mathrm{H}^2}t}, \tag{2}$$

les u étant les racines successives de l'équation transcendante $u\,\mathrm{tg}\,u=h\mathrm{H}/\lambda$.

(*) Séance du 21 avril 1952.

Le paramètre Hh/λ est petit, ce qui simplifie le problème. En effet, la première racine u_1 valant à peu près $\sqrt{Hh/\lambda}$, les autres sont très voisines des multiples successifs de π, et par le facteur $\sin u$ leurs amplitudes sont très petites. De sorte que si l'on ne fait de mesures qu'au bout d'un temps assez notable (plusieurs fois la seconde constante de temps $c\rho H^2/\lambda\pi^2$), la loi de T se réduira au terme fondamental parce que, d'une part, les exponentielles de rang supérieur s'en trouvent étouffées, et que, d'autre part, leurs amplitudes sont faibles.

Peut-on, dans ces conditions, choisir la profondeur ξ d'une prise unique de température pour que, de la loi pratiquement exacte représentée par la formule (2) réduite à son premier terme, on puisse déduire une relation expérimentale $-Hc\rho\, dT_\xi/dt = hT_\xi$, donnant correctement la valeur de h ?

Tout d'abord, on aurait par la seule donnée T_ξ le flux de chaleur total sorti du mercure si T_ξ est la moyenne spatiale de T, c'est-à-dire si ξ est égal sensiblement à $H/\sqrt{3}$. Mais on voit immédiatement que, par suite des dispositions prises, la formule (2) étant monome, le terme $\cos u_1 \xi/H$ disparaît des deux membres de la relation expérimentale, de sorte que pour avoir h il est inutile de choisir ξ. La détermination est toujours exacte, sauf qu'au lieu de h on aura déterminé la quantité voisine $h(1 - Hh/3\lambda)$, la correction, facile, ne dépassant pas quelques centièmes. La température superficielle T_H, celle qui intervient dans l'échange thermique, se déduit de T_ξ par le facteur correctif $[1 - hH(H^2 - \xi^2)/2\lambda H^2]$. Le problème calorimétrique pour lui-même, et le problème d'échange thermique, sont donc résolus. Ils seraient un peu moins simples, mais la solution serait analogue, si la température extérieure était variable.

ÉLECTRICITÉ. — *Essai d'interprétation de la loi donnant la résistance des « thermistors » en fonction de la température.* Note (*) de MM. **Yves Doucet** et **Jean-Paul Guignard**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les résistances de plusieurs thermistors ont été mesurées à une précision supérieure au 1/1000 pour différentes températures repérées par un couple BTE-CTE, lui-même étalonné aux points fixes suivants : ébullition de l'eau (ébulliomètre Swietowslaski), fusion du sel de Glauber (enregistrement photographique de la courbe de fusion), point zéro, fusion du mercure distillé (enregistrement comme ci-dessus), sublimation de la neige carbonique, ébullition de l'oxygène liquide. Ci-dessous un extrait du tableau de résultats pour deux modèles R_1 et R_2.

(*) Séance du 28 avril 1952.

T°K.......	194,86	194,96	234,30	273,16	305,54	372,21	372,23
$R_1\Omega$.......	117 820	–	13 640	2 713,2	916,0	168,10	–
$R_2\Omega$.......	–	121 820	14 290	2 829,6	951,2	–	168,20

La formule connue est $R = A T^{-p} \exp(B/T)$. Il est généralement admis $p = 1/4$. Mais, pour des semi-conducteurs intrinsèques, Wilson [1] donne $p = 3/4$, et Nijboer [2] $p = 3/2$, pour des semi-conducteurs par défaut. Au point de vue expérimental Nguyen Thien-Chi et Suchet [3] indiquent pour un matériau désigné sous la référence n° 1, la valeur 1,4. Les publications américaines signalent $p = 2$. Enfin les résultats numériques donnés plus haut correspondent à la formule

$$R_1 = 4{,}534\ 10^7 T^{-2{,}973} \exp\frac{1895}{T}. \qquad (1)$$

On y voit une valeur de p encore plus grande.

La formule théorique peut s'établir d'une façon purement thermodynamique en écrivant $(\partial F/\partial n)_T = 0$ où n désigne cette fois le nombre des électrons de conductibilité. Les calculs théoriques de Nijboer [2] ont donné $p = 3/2$. F du système se composant de :

a. énergie d'excitation de n électrons nE;

b. énergie libre de translation des électrons formant une assemblée idéale justiciable de la statistique de Maxwell-Boltzmann;

c. énergie libre de $(n + N)$ trous distribués parmi $(n_0 + N)$ niveaux possibles. N, nombre d'atomes « congelés » par centimètre cube, n_0 excès, d'atomes d'une espèce (type P ou N).

Quand n est négligeable devant N on est conduit à une formule avec $p = 3/2$.

Mais imaginons que les n électrons forment un ensemble d'oscillateurs harmoniques linéaires d'Einstein possédant une température caractéristique de vibration θ_v et posons que chaque niveau de vibration a un poids statistique égal à l'unité, on sait que

$$F_v = \frac{kn\theta}{2} + knT\,\mathrm{Ln}\left(1 - e^{-\frac{\theta}{T}}\right).$$

il vient

$$\frac{\partial F_v}{\partial n} = kT\,\mathrm{Ln}\frac{\theta}{T},$$

en arrêtant le développement de la parenthèse au terme en θ^2. Ajoutons cette expression aux trois précédentes, on trouve que le nombre d'électrons

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, **134**, 1931, p. 277.

(2) *Proc. Phys. Soc.*, **51**, 1939, p. 575.

(3) *Onde électrique*, **297**, 1951, p. 473.

par centimètre cube pour un semi-conducteur par défaut est

$$n = \frac{n_0}{N} \frac{(2\pi m)^{\frac{3}{2}}}{h^4 \nu} k T^{\frac{5}{2}} e^{-\frac{E}{kT}}.$$

La conductivité est ainsi proportionnelle à $T^{\frac{5}{2}}$ si la mobilité est indépendante de la température, c'est-à-dire déterminée seulement par la distribution géométrique des atomes. Le coefficient 5/2 qui apparaît ainsi se rapproche beaucoup des valeurs expérimentales.

Cependant si l'on veut garder le point de vue initial d'un exposant assez faible pour que son influence soit négligeable devant la variation de l'exponentielle il faudrait modifier la valeur de E. Elle devrait être de la forme $E - \varepsilon/T$ avec $\varepsilon = CE$. On aurait alors

$$(2) \qquad \frac{E\left(1 - \frac{C}{T}\right)}{kT} = \frac{E}{k(T + C)}.$$

Mais, si l'on admet une énergie d'interaction, il faut abandonner la statistique de Maxwell-Boltzmann. Or le critère de dégénérescence exclut toute autre statistique, au moins pour les semi-conducteurs intrinsèques. Peut-être faudrait-il tenir compte de ce que, malgré le frittage à haute température, le mélange d'oxydes semi-conducteurs ne forme pas un tout continu. Il y aurait un travail de passage d'un grain à ceux contigus.

Expérimentalement les résultats pour la résistance R_2 sont très bien représentés par l'expression suivante qui est du type (2)

$$(3) \qquad R_2 = 770,2.10^{-4} T^{-\frac{1}{4}} \exp\left(\frac{3943}{T + 57,81}\right)$$

qui correspond à une énergie d'activation de 0,34 eV. La courbe (3) passe au millième près par tous les points expérimentaux, alors que (1) donne moins bien les mesures aux températures voisines de l'air liquide.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité électrique de dépôts minces de platine sur couches diélectriques évaporées dans le vide.* Note (*) de M. **Charles Feldman**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'étude de la conductibilité électrique des couches très minces de métaux évaporés dans le vide est arrivée à un stade [1] où une investigation des couches plus complexes semble intéressante. Nous présentons ici quelques résultats

(*) Séance du 28 avril 1952.

[1] H. K. Henisch, *Semiconducting Materials*, Butterworths Scientific Publications, Ltd, 1951, p. 260.

préliminaires concernant les dépôts de platine sur des surfaces de KBr, CaF_2 et SiO_2 évaporés dans le vide.

Le procédé expérimental est le suivant : dans une cloche à vide, on dégaze pendant 1/2 h à 350° C des supports en verre (2 cm de long, 1/2 cm de large) munis d'électrodes en platine; après refroidissement, on évapore le diélectrique (KBr, etc.) en protégeant les électrodes par un cache en mica, puis à l'aide d'un autre évaporateur, on recouvre la couche diélectrique et les électrodes d'un dépôt de platine mince.

Dans la cloche se trouvent plusieurs supports; au cours de chaque opération, on fait simultanément un dépôt de platine directement sur verre, à titre de comparaison; on mesure les résistances directement après évaporation dans la cloche, ensuite, on scelle les supports dans des tubes individuels vidés et on étudie la résistance à diverses températures.

Le résultat le plus frappant est que les dépôts sur KBr ou CaF_2 évaporés ont une résistance beaucoup plus élevée, alors que la résistance est du même ordre pour les couches de platine faites sur films de SiO_2. Le tableau donne des valeurs des résistances à 20° C.

Nos.	Pt seul.	$\frac{\text{Pt}}{\text{film}}$.	Nature du film.	
1............	$6.10^3\,\Omega$	$3,4.10^8\,\Omega$	CaF_2	
2............	$9,2.10^3$	$3,0.10^6$	CaF_2	
3............	$1,65.10^6$	$8,1.10^9$	CaF_2	
4............	$1,8.10^6$	$1,8.10^8$	KBr	
5............	$4,0.10^2$	$2,1.10^9$	CaF_2	Dépôt préalablement recuit.
6............	$6,9.10^3$	$3,5.10^8$	CaF_2	Électrodes évaporées.
7............	$7,1.10^7$	$1,3.10^8$	CaF_2	Cristal.
8............	$9,2.10^9$	$2,8.10^{10}$	SiO_2	

Quand les couches de CaF_2 sont recuites sous vide avant dépôt de Pt, la résistance est encore plus forte (n° 5). Pour être sûr que la valeur élevée de la résistance n'est pas localisée aux électrodes, nous avons fabriqué par évaporation une électrode de platine sur la couche diélectrique, cela a conduit à une résistance encore plus élevée, du fait du recuit du dépôt diélectrique en présence du filament d'évaporation.

La relation $R = R_0 T^{-n} e^{\theta - \theta' F^{1/2}/T}$ est généralement vérifiée [*cf.* ([2]), ([3])]. Les différences entre les couches sur verre et les couches sur verre + CaF_2 ou verre + KBr sont les suivantes :

1° Une grande augmentation de R_0, ce qui semble être le phénomène essentiel.

2° Des valeurs plus fortes de θ et θ'. Si l'on évapore Pt et CaF_2 ou KBr

---

([2]) B. Vodar et N. Mostovetch, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 167.

([3]) E. Darmois, N. Mostovetch et B. Vodar, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 992.

simultanément, formant un mélange, on peut observer des θ très élevés; on a trouvé ainsi $\theta = 940^\circ$ K sur verre + CaF_2 et $\theta = 2300^\circ$ K sur verre + KBr.

On sait que les couches de sels tels que CaF_2 ont une structure très irrégulière composée de cristaux séparés par des fossés ([4]) et ([5]); sur une telle surface, il est vraisemblable que la conduction du platine n'est possible que suivant des chemins assez complexes; des parties de la couche métallique ne participeraient pas à la conduction, étant séparées par des espaces non conducteurs situés dans l'ombre par rapport au filament évaporateur de platine. Cela expliquerait la valeur élevée de Ro. En ce qui concerne θ et θ', nous remarquerons seulement que leurs valeurs sont naturellement plus fortes chaque fois que la couche conductrice est moins homogène, à densité superficielle constante de métal, d'autre part, les dépôts sur silice évaporée conduisent mieux et l'on sait que la couche de SiO_2 est plus continue.

MAGNÉTISME. — *Étude, dans les champs statiques et alternatifs, d'un ferronickel à très faible énergie de tension.* Note de MM. **Israël Epelboin** et **Guy Gilardin**, présentée par M. Eugène Darmois.

On a déjà comparé les méthodes d'étude de l'aimantation dans les champs statiques et dans les champs alternatifs appliqués à un échantillon à circuit magnétique fermé. [Diplôme d'Études Supérieures, nov. 1951.] Deux de ces méthodes sont reprises ici afin de comparer des rubans en mumétal à haute perméabilité et d'expliquer l'origine de la texture magnétique souvent très prononcée.

Nous étudions ici des rubans qui obéissent aux lois de Rayleigh lorsqu'ils sont convenablement recuits. Dans les champs très faibles, les traînages de fluctuation et de diffusion sont donc négligeables et si l'on désigne par $\mu = f(\mathrm{H})$ la courbe de première aimantation relevée en statique sans commutation, cette caractéristique se confond avec celle de la perméabilité dynamique $\mu' = f(\mathrm{H}_1)$ relevée en alternatif (H_1, amplitude du champ appliqué), à condition toutefois d'opérer à fréquence suffisamment basse. On a

$$\mu' = \mu_1 \cos^{-2}\alpha, \qquad |\mu| e^{-j\alpha} = \mu_1 - j\mu_2$$

et les considérations précédentes donnent $\mu' = \mu_a = a + 2b\mathrm{H}$. A l'intérieur du domaine de Rayleigh, le rapport μ_a/a devient déjà supérieur à 1,1 pour les rubans d'épaisseur usuelle et le taux d'harmoniques ne permet donc plus de séparer les courants de Foucault à l'aide des équations de Maxwell, c'est pour cela que nous relevons les courbes $f(\mathrm{H}_1)$ à des fréquences suffisamment basses, évitant ainsi la courbure vers le bas causée par les courants de Foucault. Dans

([4]) L. R. Germer, *Physical Rev.*, 56, 1939, p. 58.
([5]) L. R. Schulz, *Journal of Chemical Physics*, 17, 1949, p. 1153.

ces conditions, la limite du domaine de Rayleigh se caractérise par une courbure vers le haut (*fig.* 1).

La relation $\mu = \mu'$ a été vérifiée quelle que soit l'épaisseur du ruban (6 à 800 μ) et nous avons pu montrer également que la texture magnétique macroscopique, c'est-à-dire la distribution de la perméabilité initiale dans l'épaisseur des échantillons, est la même en statique et en alternatif. Nous l'avons constaté

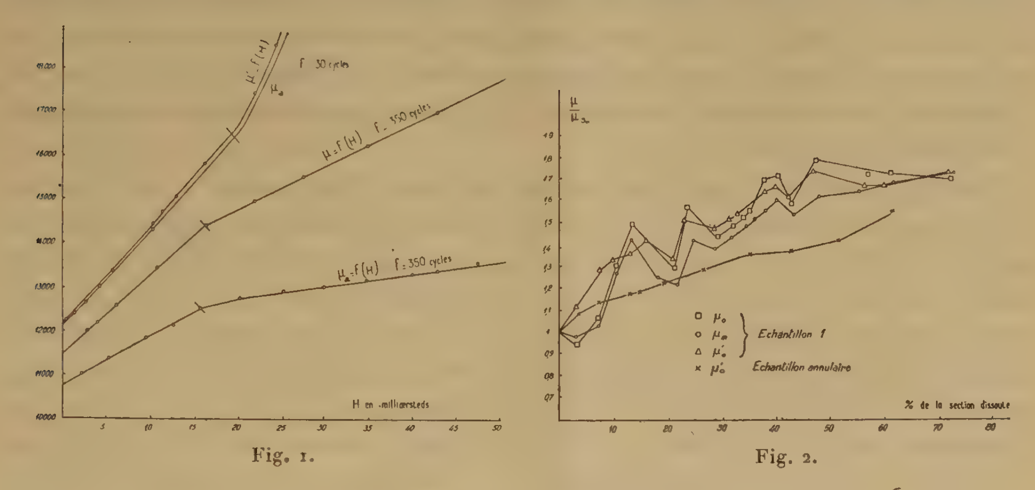


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes μ' et μ_a à 30 et 350 Hz, d'un ruban de 300 μ d'épaisseur recuit à 1000° dans H_2. La courbe $\mu = f(H)$ se confond avee celle de μ' relevé à 30 Hz.

Fig. 2. — Variation en fonction de la section dissoute, de la perméabilité d'un ruban d'épaisseur initiale 300 μ, de perméabilité maximum $\mu_m = 80\,000$ et de perméabilité initiale en statique et en alternatif $\mu_0 = \mu'_0 = 20\,000$. La perméabilité initiale de l'échantillon annulaire est 4000.

sur des rubans d'épaisseur usuelle en mumétal au molybdène auxquels on a fait subir des amincissements électrolytiques successifs après recuit dans H_2 commercial (figure 2, échantillon 1, courbes μ_0 et μ'_0). D'autre part, la variation en fonction de la section dissoute de la perméabilité maximum μ_m correspondant à $\partial\mu/\partial H = 0$ présente la même allure que celle des courbes μ_0 et μ'_0.

Ces analogies peuvent s'expliquer par la faible influence de l'énergie de tensions dont on sait que l'effet est plus grand sur μ_m que sur μ_0. On peut d'ailleurs vérifier cette faible influence en reprenant l'échantillon 1 et en soudant par points les deux extrémités afin d'en faire un anneau : malgré l'écrouissage que ces opérations entraînent et qui font baisser μ' de 20 000 à 4000, la variation de μ'_0 en fonction de la section dissoute présente la même allure que pour l'échantillon 1. Cette faible influence de l'énergie de tensions peut s'expliquer par la valeur particulièrement basse de la constante de magnétostriction λ des alliages ayant cette teneur en nickel; des mesures de magnétostriction inverse permettent d'ailleurs de le vérifier par la méthode de A. Langevin puisque dans les champs alternatifs, un calcul simple montre

que dans le domaine de déformation purement élastique la variation relative de μ_1 sous l'influence d'un effort de traction est proportionnelle à $\mu_a \times \lambda$.

Sur les trois énergies qui déterminent l'aimantation, l'énergie de tensions est donc négligeable tandis que l'énergie magnétocristalline varie avec la température et que l'énergie d'anisotropie magnétique varie peu avec cette dernière. Une étude en fonction de la température a permis de montrer que l'énergie d'anisotropie magnétique jouait un rôle prépondérant. Lorsque les rubans sont d'épaisseur usuelle, cette anisotropie magnétique est probablement causée par des champs démagnétisants provoqués par des inclusions et des cavités qui subsistent après traitement thermique, ce qui expliquerait l'importance de la pureté de l'atmosphère du recuit.

Mais c'est surtout l'étude des rubans très minces qui montre que la texture magnétique est liée à un effet démagnétisant qui cette fois apparaît sur la surface du ruban par suite de sa très faible épaisseur (texture de forme). Ces champs démagnétisants de la surface expliqueraient pourquoi les rubans très minces ont une perméabilité relativement faible quels que soient le recuit et la pureté de l'atmosphère utilisée; ils expliqueraient aussi la modification de la caractéristique $\mu' = f(H_1)$ dont la courbure change de sens pour les faibles épaisseurs. De plus, le tableau ci-dessous relatif à des rubans de mumétal au molybdène obtenus par amincissement électrolytique d'un ruban de 50 μ d'épaisseur et recuits ensuite dans H_2 pur montre que plus le ruban est mince, plus le champ H_m correspondant à la perméabilité maximum est élevé.

Epaisseur (en μ)........	50	39	31	21	11	8	6
H_m (en mOe)...........	150	160	165	172	190	240	360

L'ensemble des résultats confirme donc que la texture macroscopique et la texture de forme sont causées par une énergie d'anisotropie magnétique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Expression du champ électromagnétique dans les accélérateurs linéaires d'ions.* Note de M. **Michel Bernard**, présentée par M. Louis de Broglie.

On donne la solution des équations de Maxwell dans un cylindre semi-infini, dont l'extrémité est placée en face d'une membrane métallique perpendiculaire à l'axe. Ce dispositif est utilisé dans les accélérateurs d'ions pour obtenir la stabilité radiale [1]. La démonstration, faite dans ce cas particulier, peut s'étendre à d'autres systèmes du même genre.

1. Le système est mis en vibration grâce à une cavité solidaire du cylindre; nous schématiserons cette excitation par une différence de potentiel $\Phi_0 e^{j\omega t}$ appliquée entre le cylindre et la membrane.

---

[1] Alvarez, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 799.

Le rayon du cylindre sera pris pour unité de longueur; l'origine des abscisses est située dans un plan de la membrane, qui se trouve à la distance d de l'extrémité du cylindre. Nous n'expliciterons pas le facteur $e^{j\omega t}$ dans les équations.

Les caractéristiques des accélérateurs sont choisies pour que les champs ne se propagent pas dans le cylindre; on peut donc les représenter en composant les ondes évanescentes du guide circulaire. La symétrie des électrodes et de l'excitation montre que le champ électrique est contenu dans le plan méridien et que la composante H_0 du champ magnétique est seule différente de zéro. Nous détaillerons seulement le calcul de E_z, les valeurs de E_r et de H_θ s'en déduisant simplement.

2. Si le cylindre était infini, comme la pulsation est inférieure à la pulsation de coupure, les solutions seraient

$$E_z(z, r) = J_0(\mu_n r)\left[A_n e^{-\beta_n z} + B_n e^{\beta_n z}\right], \qquad \beta_n = \sqrt{\mu_n^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2},$$

μ_n étant une racine de $J_0(\mu) = 0$. Il est donc naturel de développer la solution en série de ces fonctions fondamentales. Les coefficients seront choisis de façon à satisfaire aux conditions aux limites sur le cylindre, dans la coupure et sur la membrane.

Dans l'intérieur du cylindre $(z > d)$ nous poserons :

$$(1) \qquad E_z(z, r) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n J_0(\mu_n r) e^{-\beta_n z} \qquad (z > d),$$

expression qui donne un champ nul sur le cylindre et à l'infini.

Dans la coupure, nous ajouterons au développement précédent une fonction $f(z, r)$, solution de l'équation des ondes, choisie de façon que la série représente le champ entre les bords de la coupure, c'est-à-dire

$$(2) \qquad E_z(z, 1) \equiv f(z, 1).$$

Nous posons donc

$$(3) \qquad E_z(z, r) = f(z, r) + \sum_{n=1}^{\infty} J_0(\mu_n r)\left[B_n e^{-\beta_n z} + C_n e^{\beta_n z}\right] \qquad (0 < z < d).$$

La fonction $f(z, r)$ n'est pas entièrement déterminée par la condition 2; à chaque solution possible correspond un développement en série différent pour le champ $E_z(z, r)$.

Par exemple, si l'on suppose que le champ dans la coupure $E_z(z, 1)$, est sensiblement uniforme, et égal à Φ_0/d, on verra que la fonction

$$(4) \qquad f(z, r) = \frac{\Phi_0}{d} \frac{J_0\left(\frac{\omega r}{c}\right)}{J_0\left(\frac{\omega}{c}\right)}$$

est une solution de l'équation des ondes qui satisfait à la condition (2).

3. Il faut raccorder les deux séries pour $z=d$

$$f(d, r)+\sum_{n=1}^{\infty} J_0(\mu_n r)[B_n e^{-\beta_n d}+C_n e^{\beta_n d}] \equiv \sum_{n=1}^{\infty} A_n J_0(\mu_n r) e^{-\beta_n d}.$$

Dans cette équation il est possible de faire disparaître tous les termes, sauf celui d'indice n, en multipliant les deux membres par $r J_0(\mu_n r)$ et en intégrant de o à 1, ce qui conduit à

$$A_n e^{-\beta_n d}-B_n e^{-\beta_n d}-C_n e^{\beta_n d}=\psi_n(d) \tag{5}$$

en posant

$$\psi_n(z)=\frac{2}{[J_1(\mu_n)]^2}\int_0^1 r f(z, r) J_0(\mu_n r)\, dr. \tag{6}$$

En exprimant la continuité des dérivées par rapport à z, pour $z=d$ on obtient

$$A_n e^{-\beta_n d}-B_n e^{-\beta_n d}+C_n e^{\beta_n d}=-\frac{1}{\beta_n}\left[\frac{d\psi_n}{dz}\right]_{z=d}. \tag{7}$$

Enfin, la composante radiale E_2 du champ électrique doit être nulle sur la membrane, ce qui revient à écrire que $\partial E_z/\partial z$ est nul pour $z=0$ puisque l'on a

$$\frac{\partial E_z}{\partial z}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r E_r)=0.$$

Nous obtenons donc la troisième condition

$$B_n-C_n=\frac{1}{\beta_n}\left[\frac{d\psi_n}{dz}\right]_{z=0}. \tag{8}$$

Les équations (5), (7) et (8) déterminent les coefficients des séries.

3° Nous expliciterons les résultats dans le cas le plus simple, où l'on suppose le champ uniforme dans la coupure. Les équations (4) et (6) donnent

$$\psi_n(z)=\frac{\Phi_0}{d}\frac{\mu_n}{\beta_n^2}\frac{1}{J_1(\mu_n)},$$

et les trois équations (5), (7) et (8) conduisent à

$$\frac{d}{\Phi_0}E_z(z, r)=\frac{J_0\left(\frac{\omega r}{c}\right)}{J_0\left(\frac{\omega}{c}\right)}-\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\mu_n}{\beta_n^2}\frac{J_0(\mu_n r)}{J_1(\mu_n)}[e^{-\beta_n(d-z)}+e^{-\beta_n(d+z)}] \qquad (0<z<d),$$

$$\frac{d}{\Phi_0}E_z(z, r)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\mu_n}{\beta_n^2}\frac{J_0(\mu_n r)}{J_1(\mu_n)}[e^{-\beta_n(z-d)}-e^{-\beta_n(z+d)}] \qquad (z>d).$$

Nous retrouvons des expressions du genre de celles obtenues par Wang [2]

---

[2] WANG, *Jour. App. Phys.*, **16**, 1945, p. 351.

par une méthode beaucoup plus compliquée. La démonstration que nous proposons ici est cependant très générale et s'appliquerait même si certains modes étaient progressifs.

OPTIQUE. — *Une méthode permettant d'améliorer le pouvoir séparateur des instruments d'optique.* Note (*) de MM. **André Maréchal** et **Pierre Lacomme**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans la théorie classique du pouvoir séparateur, on considère un instrument d'optique parfaitement stigmatique et deux sources ponctuelles incohérentes et de même intensité.

On dit que deux points sont séparés quand le centre de la tache de diffraction produite par le premier coïncide avec le premier minimum nul de l'image du second. Les différences de marche entre les vibrations traversant les bords extrêmes de la pupille de l'instrument diffèrent alors, pour les deux images, d'environ une longueur d'onde, ou encore la différence de phase est de l'ordre de 2π; si inversement cette condition est remplie, les deux points sont séparés. On peut se proposer d'amplifier artificiellement, une différence de phase plus faible pour la porter à 2π et séparer deux points qui ne le seraient pas normalement.

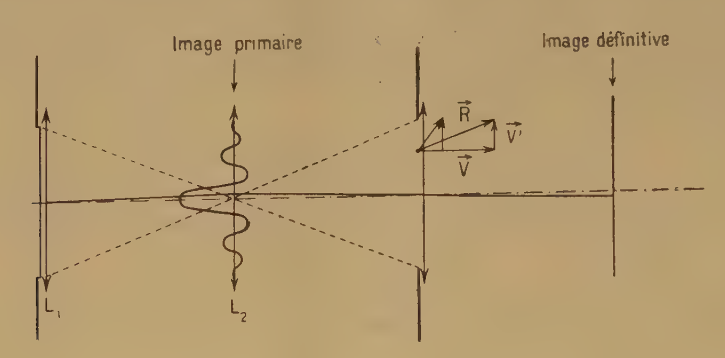
Il est en effet possible d'y parvenir si la vibration peut être considérée (comme dans le cas du contraste de phase) comme la résultante $\vec{R}$ d'une vibration principale de phase constante $\vec{V}$ et d'un vecteur déphasant $\vec{V}'$. En absorbant $\vec{V}$ on peut augmenter la phase de la résultante à condition de perdre de l'énergie.

Soit un objectif L_1, suivi d'un verre de champ L_2 dans le plan de l'image, puis d'un véhicule L_3 diaphragmé à la même ouverture angulaire que l'objectif.

On dispose dans le plan de la première image un écran (rond pour une pupille circulaire, filiforme pour une pupille en fente) de largeur convenable. Cet obstacle absorbe une partie du maximum central de la tache de diffraction et agit ainsi sur la vibration diffractée dans l'image de la pupille d'entrée, c'est-à-dire qu'il modifie la forme de la surface d'onde (en même temps que la répartition des amplitudes). L'image finale donnée par le véhicule présente un maximum central qui est plus éloigné de l'axe que ne l'indiquerait l'optique géométrique. Si l'on considère un point-objet mobile dans le champ, le déplacement de son image ne sera pas uniforme, mais sera localement accéléré au moment où l'on passe au voisinage de l'axe et l'on peut ainsi arriver à séparer les images de deux points qui ne le seraient pas normalement.

(*) Séance du 28 avril 1952.

Le gain en pouvoir séparateur augmente avec les dimensions de l'écran; il dépend de la perte de lumière acceptable : pour la pupille circulaire où le maximum central contient 84 % de l'énergie, la perte de lumière est d'environ $0,84(1-1/G^2)$, soit des 4/5 pour un gain $G=5$. De plus, l'image doit conserver une certaine ressemblance avec l'objet : pour ne pas dédoubler une raie unique dans un spectrographe, il faut limiter la largeur du masque et le gain maximum est alors de 3.



Le calcul montre d'autre part que le gain est plus important en lumière cohérente.

Comme le champ dans lequel il y a amélioration est très petit, la variation de gain avec la longueur d'onde n'est pas gênante et le dispositif peut être utilisé en lumière blanche. Enfin le principe peut être appliqué à l'amélioration des points transversaux.

L'expérience a confirmé les prévisions théoriques dans le cas de la pupille rectangulaire et l'on a déjà pu atteindre un gain de 3.

SPECTROSCOPIE. — *Observation des bandes de vibration-rotation de la molécule* OH *dans les flammes oxhydrique et oxyacétylénique.* Note de MM. **Georges Déjardin**, **Joseph Janin** et **Maurice Peyron**, présentée par M. Jean Cabannes.

La présence dans le rayonnement du ciel nocturne des bandes de vibration-rotation de la molécule OH a été reconnue par Meinel [1] et par Cabannes et Dufay [2]. Au laboratoire, ce système a été partiellement observé dans le spectre des flammes de l'hydrogène et des hydrocarbures [3]. Nous avons repris l'étude des flammes oxhydrique et oxyacéty-

---

(1) *Astrophys. J.*, **111**, 1950, p. 555-564 et **112**, 1950, p. 120-130.

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1233 et **232**, 1951, p. 426.

(3) W. S. Benedict, E. K. Plyler et C. J. Humphreys, *Phys. Rev.*, **82**, 1951, p. 337; G. A. Hornbeck et R. C. Herman, *J. Chem. Phys.*, **19**, 1951, p. 512.

lénique à l'aide d'un spectrographe à deux prismes donnant une dispersion linéaire de 100 à 220 Å/mm dans l'intervalle de 7 000 à 9 500 Å. Les spectrogrammes ainsi obtenus sur plaques Eastman Kodak II F, IN et IM, avec des poses de 20 m à 5 h, ont été examinés au comparateur et au microphotomètre enregistreur de Chalonge. Avec la flamme oxyacétylénique (région du cône extérieur située à 5 mm de l'extrémité du dard), l'identification des bandes susceptibles d'être attribuées à OH est moins gênée par l'émission de la molécule H_2O, qui est plus forte dans la flamme de l'hydrogène. Cependant, le système OH se manifeste à peu près de la même manière dans les deux cas. Par suite de l'absence de fond continu, les bandes de la région 7 000-7 500 Å ont été observées plus nettement avec la flamme oxhydrique. Les longueurs d'onde des raies observées sur les clichés (valeurs moyennes) sont rassemblées dans le tableau suivant.

7141–7150 Å	(11,5) tête R
7184	(11,5) Q_3
7195	(11,5) P_2
7218	(11,5) P_3
7226	(11,5) Q_5
7245	(11,5) P_4
7253	(8,3) tête R
7295	(8,3) Q_2
7302	(8,3) Q_3
7315	(8,3) Q_4, P_2
7331	(8,3) Q_5
7349	(8,3) P_3
7363	(8,3) Q_6
7373	(8,3) P_4
7389	(8,3) Q_7
7401	(8,3) P_5
7418	(8,3) Q_8
7441	(8,3) P_6
7461	(4,0) tête R
7479	(4,0) R_2
7505	(4,0) R_0
7523	(4,0) Q_1
7528	(4,0) Q_2
7552–7567	(4,0) P_2
7595	(4,0) P_3
	O_2 (0,0)
7615–7627	(4,0) P_4
7717	(9,4) tête R
7740 double	(4,0) P_7
7767	(9,4) Q_2
7783–7792	(4,0) P_8
	(9,4) P_2?
7885 Å	(5,1) R_1
	(9,4) P_5
7897	(4,0) P_{10}
7920	(5,1) Q_1, Q_2
7940	(9,4) P_6
7965	(5,1) P_2
7990	(5,1) P_3
8030	(5,1) P_4
8063	(5,1) P_5
8162	(5,1) P_7
8265	(5,1) P_9
8284–8290–8295	(10,5) br Q
	(6,2) tête R
8320	(5,1) P_{10}
8363	(6,2) Q_2
8384	(10,5) P_4
	(6,2) Q_4
8406	(6,2) Q_5
8425	(10,5) P_5
8468	(6,2) P_4
	(10,5) P_6
8508	(6,2) P_5
8524	(10,5) P_7
8558	(6,2) P_6
8594	(6,2) P_7
8638	(10,5) P_9
8665	(6,2) P_8
8710	(10,5) P_{10}
8720	(6,2) P_9
8787	(6,2) P_{10}
9123	(7,3) P_7
9191	(7,3) P_8

7828–7832........	(9,4) P_3? (4,0) P_9	9241.............	(7,3) P_9
		9400.............	(8,4) br Q
7852–7855........	(9,4) P_4 (5,1) tête R	9440.............	(8,4) P_2
		9480.............	(8,4) P_3
7867.............	(5,1) R_2	9560.............	(8,4) P_5
		9615.............	(8,4) P_6

Les interprétations indiquées résultent de la comparaison avec les longueurs d'onde calculées par la formule de Cabannes et Dufay (constantes de rotation de Sponer). En général, l'écart des valeurs mesurées et calculées n'excède pas quelques angströms. Certaines raies sont masquées par des bandes H_2O et par le doublet du potassium; il en est ainsi, par exemple, pour les composantes P_5 et P_6 de la bande (4,0). Le dédoublement des autres composantes P de cette bande apparaît nettement sur les clichés. Dans la séquence $v' - v'' = 4$, l'intensité des bandes croît de (4,0) à (8,4) et, dans la séquence $v' - v'' = 5$, de (8,3) à (10,5), mais les bandes de cette dernière séquence sont nettement plus faibles que les précédentes. La distribution des intensités est donc comparable à celle de Meinel, en dehors des bandes $v' > 9$ qui n'ont pas été décelées dans le spectre du ciel nocturne. Une analyse plus poussée, effectuée à l'aide d'un réseau et étendue à la région des longueurs d'onde supérieures à 9 500 Å, est actuellement en cours.

EFFET RAMAN. — *Spectre de Raman et structure de l'acide tartrique droit.* Note de Mlle **Annette Weil** et M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

La détermination de l'intensité des raies Raman pour diverses orientations du cristal permet de confirmer et de préciser la structure proposée par Beevers et Stern [1].

Les cristaux d'acide tartrique actif appartiennent au groupe $C_2^2(P2_1)$. Beevers et Stern ont déterminé les coordonnées des atomes de carbone et d'oxygène dans la maille cristalline; celle-ci contient deux molécules dépourvues d'élément de symétrie et qu'un axe binaire fait correspondre entre elles.

Le couplage des vibrations des deux molécules soit en phase, soit en opposition, doit dédoubler dans le cristal chacune des fréquences moléculaires qui sont toutes actives en diffusion et en absorption, en une raie de type A, symétrique par rapport à l'axe binaire, et une raie de type B antisymétrique par rapport à cet axe.

---

(1) *Nature*, **162**, 1948, p. 854.

Le tableau suivant donne la fréquence $\Delta\nu$ en cm^{-1} et le type des raies observées :

Δν.....	38	62	80	87	102	124	148	151	170	180	202	227	264	274
Type.	A	B	A	B	B	B	A	B	B	A	A	A	B	A
Δν.....	293	335	380	487	507	519	534	598	609	663–686	736	740		
Type.	B	A	A	A	B	B	A	A	B	A+B	B	A		
Δν.....	831	881	898	994	1039	1093	1129	1135–1142	1186	1215				
Type.	B	A	A+B	A	B	A+B	A	B	A	A				
Δν.....	1226–1235	1257	1266	1308	1358	1365	1427	1452	1687	1695				
Type.	B	B	A	A	B	A	A	A	B	A				
Δν.....	1737	1745–1753	1754	2934	2968	3159	3333	3407						
Type.	A	B	?	A+B	A+B	A	A	A+(B?)						

A une seule raie observée en solution correspond fréquemment un doublet de raies A et B dont la séparation en nombre d'ondes, parfois inappréciable, peut atteindre 10 cm^{-1}.

Signalons que certaines raies du spectre (663-686, 1135-1142, 1226-1235, 1745-1753) présentent des variations de fréquence selon l'orientation du cristal, comme on a déjà pu le constater dans les spectres d'autres cristaux piézoélectriques [2].

Le nombre total des oscillations externes de translation et de rotation doit être égal à $9(4A+5B)$. Le spectre de l'acide tartrique en solution commençant à 250 cm^{-1}, on peut penser que les 11 ou 12 fréquences plus basses comprennent, en plus des vibrations externes, des oscillations de torsion de la molécule qui ne se manifestent pas à l'état libre.

La mesure des intensités dans diverses orientations du cristal nous a permis de déterminer, outre le type des raies, l'ordre de grandeur relatif des coefficients ε du tenseur de polarisabilité dérivé rapporté aux axes principaux du cristal OX, OY, OZ. Nous donnons ces valeurs pour quelques raies caractéristiques de certains radicaux biatomiques :

C=O:
- 1 687 (B) $\varepsilon_{YZ} > \varepsilon_{XY}$ (très petits),
- 1 695 (A) $\varepsilon_{XX} > \varepsilon_{ZZ} \gg \varepsilon_{YY} > \varepsilon_{ZX}$; $\varepsilon_{ZX} \neq 0$,
- 1 737 (A) ε_{YY} seul grand,
- 1 745 (B) $\varepsilon_{XY} > \varepsilon_{YZ}$;

C—H:
- 2 934 (A + B) $\varepsilon_{YY} \gg \varepsilon_{XX} > \varepsilon_{ZZ} > \varepsilon_{ZX}$,
- 2 968 (A + B) $\varepsilon_{ZZ} > \varepsilon_{XX} > \varepsilon_{YY} > \varepsilon_{ZX}$;

O—H:
- 3 159 (A) ε_{ZZ} seul grand,
- 3 333 (A) $\varepsilon_{YY} > \varepsilon_{ZX}$; $\varepsilon_{ZZ} > \varepsilon_{XX} > \varepsilon_{ZX}$,
- 3 407 (A + B?) $\varepsilon_{XX} > \varepsilon_{ZZ} > \varepsilon_{ZX}$; $\varepsilon_{ZX} \neq 0$; $\varepsilon_{YY} \simeq 0$;

---

[2] L. Couture-Mathieu et J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 839.

Utilisant ces résultats, nous avons cherché à préciser la structure de l'acide tartrique par la méthode suivante (3) : supposons que l'on puisse attribuer à chacun des radicaux précédents un tenseur de polarisabilité dérivé, dont le coefficient ε_{WW} dirigé suivant la direction de la liaison entre les deux atomes a une valeur beaucoup plus grande que celle des coefficients ε_{UU} et ε_{VV} relatifs aux directions perpendiculaires. Les coordonnées de Beevers et Stern permettent de calculer l'orientation de ces liaisons dans les axes OX, OY, OZ, de rapporter à ces axes le tenseur donné dans le trièdre OUVW et de comparer l'ordre de grandeur relatif de ces coefficients à ceux que fournit l'expérience et qui sont donnés plus haut. On trouve ainsi que les deux groupes carboxyles $C=O$ sont, avec les notations de Beevers et Stern, $C_{(3)}O_{(5)}$ et $C_{(8)}O_{(10)}$ et qu'au premier se rapporte le doublet 1687-1695 cm^{-1}, au second le doublet 1737-1745 cm^{-1}. Il en résulte que les atomes $O_{(4)}$ et $O_{(9)}$ des radicaux acides portent des atomes d'hydrogène.

Nous avons pu préciser, de même, la position des atomes d'hydrogène portés par les atomes de carbone médians en partant du fait suivant : les valences d'un atome de carbone sont dirigées vers les sommets d'un tétraèdre à peu près régulier. Connaissant les coordonnées de trois des atomes auxquels sont liés les atomes de carbone $C_{(2)}$ et $C_{(6)}$, il est possible de calculer la direction des liaisons $C_{(2)}-H$ et $C_{(6)}-H$. La méthode exposée précédemment fournit deux tenseurs compatibles avec l'expérience (ce qui constitue une vérification indirecte des données de Beevers et Stern) et montre que la fréquence 2934 cm^{-1} doit être attribuée à la vibration de valence du groupe $C_{(2)}-H$, la raie 2968 cm^{-1} à celle du groupe $C_{(6)}-H$.

La comparaison du spectre de Raman de l'acide tartrique et de ceux des tartrates (4), (5) nous a conduits à distinguer deux domaines de fréquences pour les vibrations de valence des groupements OH : les vibrations OH d'une fonction alcool ont une fréquence supérieure à celles du groupement OH d'une fonction acide.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Contribution expérimentale à l'étude de la diffusion de la lumière par des solutions contenant des particules très allongées.* Note de M. **Paul Horn**, présentée par M. Jean Cabannes.

On vérifie expérimentalement sur des solutions de virus de la mosaïque du tabac les lois de la diffusion de la lumière par des bâtonnets anisotropes, lois établies théoriquement dans une publication précédente, et qui sont sensiblement différentes de celles qui sont énoncées par Debye.

---

(3) L. Couture-Mathieu et L. Bardet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 931.

(4) V.-M. Padmanabhan, *Proc. Ind. Acad. Sc.*, A, 31, 1950, p. 98.

(5) R. Marignan et E. Canals, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 506; R. Marignan, *Thèse*, Paris, 1947, p. 22.

Introduction. — Dans une publication récente ([1]) nous avons étudié théoriquement les lois de la diffusion de la lumière par une suspension de bâtonnets anisotropes dont la grande dimension est comparable à la longueur d'onde de la lumière utilisée et dont l'indice moyen est voisin de celui du solvant. Avec ce modèle nous avons pu calculer en fonction de la longueur L des bâtonnets et d'un facteur d'anisotropie δ la répartition angulaire et les valeurs relatives des trois composantes V_v, H_v et H_h du vecteur lumineux diffusé. On trouve ainsi des résultats nettement différents de ceux obtenus par la théorie classique de Debye, dans laquelle on suppose que la particule est isotrope.

Afin de vérifier nos résultats théoriques nous avons utilisé une suspension de virus de la mosaïque du tabac ([2]), dont les particules sont, on le sait, des bâtonnets rigides dont les dimensions peuvent être déterminées par microscopie électronique.

Les solutions ont été étudiées à une concentration de 1 mg par 100 cm^3 afin d'éviter les effets des interactions et nous avons utilisé comme solvant un tampon aqueux CO_3NaH 0,1 M. Les trois composantes H_v, V_v et H_h pour différentes valeurs de l'angle θ entre le faisceau incident et le faisceau diffusé comprises entre 40 et 140° ont été mesurées à l'aide d'un appareil analogue à celui décrit par Zimm ([3]). Avant chaque expérience les solutions étaient centrifugées pendant une heure dans un champ d'accélération de 20 000 g de façon à ce qu'elles soient optiquement propres.

Résultats. — La méthode que nous avions préconisée ([1]) à savoir : détermination de la longueur des bâtonnets par l'étude de la répartition angulaire de H_v puis calcul de δ grâce à la connaissance des autres composantes s'applique difficilement ici car la faible intensité de la composante H_v ne permet pas une détermination précise. Nous avons opéré de la manière suivante :

1° Les valeurs des deux composantes V_v et H_v varient peu avec θ et peuvent être facilement extrapolées pour $\theta = 0$. Dans ce cas le rapport $V_v/H_v = (15 + 12\delta^2)/9\delta^2$ ne dépend pas de la longueur du bâtonnet et nous fournit directement la valeur de δ^2. On trouve ainsi $\delta^2 = 0{,}092$ d'où $\delta = +0{,}3$, le signe + étant déduit des expériences de biréfringence d'écoulement sur les solutions.

2° δ étant ainsi déterminé, on peut calculer l'expression théorique $V_v = f(\theta,\ L/\lambda)$ puis tracer les courbes $V_v = g(\theta)$ pour différentes valeurs de L/λ.

On trouve que les valeurs expérimentales se placent sur la courbe théorique correspondant à $L/\lambda = 0{,}7$ (*fig.* 1) avec des écarts compatibles avec les erreurs expérimentales.

([1]) P. Horn, H. Benoit et G. Oster, *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 1.

([2]) Cette solution nous a été fournie par le Professeur G. Schramm de l'Institut Max-Planck de Tübingen.

([3]) *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 1099.

On en déduit L = 2300 Å ± 200 Å.

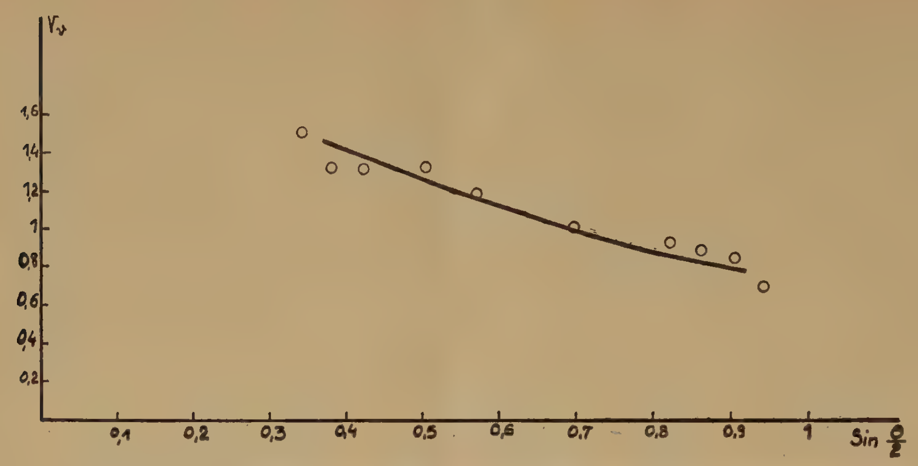


Fig. 1. — Valeurs expérimentales de la fonction V_ν en fonction de $\sin(\theta/2)$ comparées à la courbe théorique pour $L/\lambda = 0,7$ et $\delta = +0,3$.

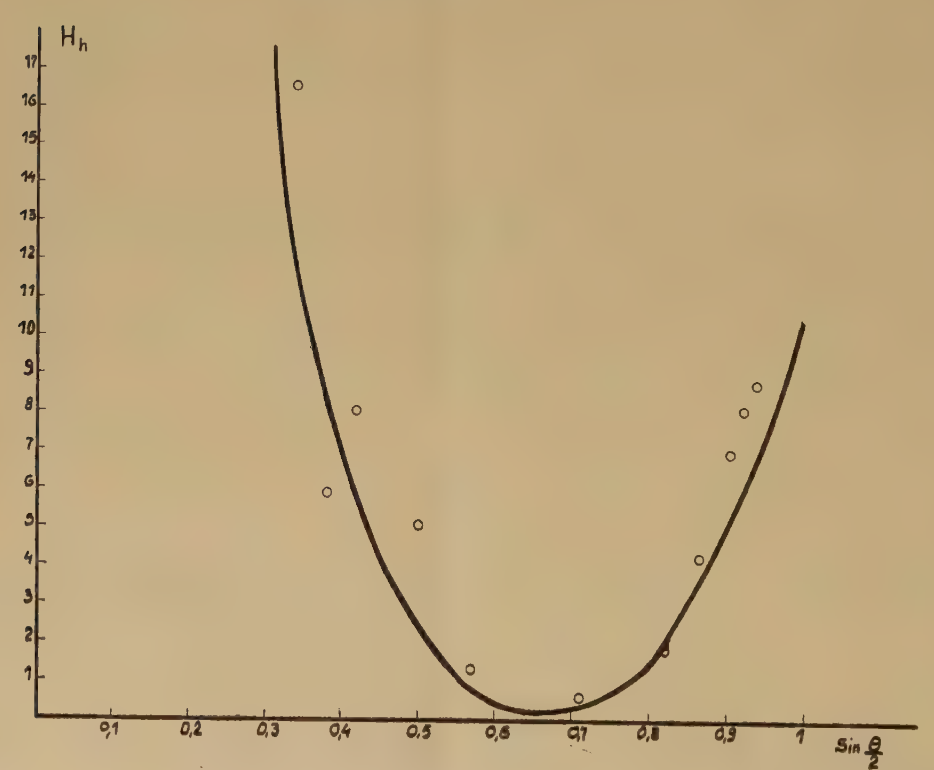


Fig. 2. — Valeurs expérimentales de la fonction H_h en fonction de $\sin(\theta/2)$ comparées à la courbe théorique pour $L/\lambda = 0,7$ et $\delta = +0,3$.

Cette valeur représente la moyenne en nombre des longueurs des différents bâtonnets contenus dans la solution.

L'étude au microscope électronique (⁴) permet aussi de déterminer cette valeur moyenne et donne $L = 2150$ Å ± 200 Å.

3° On porte dans l'expression théorique de H_h les valeurs trouvées ci-dessus, ce qui permet de tracer la courbe $H_h = f(0)$ (*fig.* 2). On voit que les points expérimentaux se placent sur cette courbe aux erreurs d'expérience près.

L'ensemble des résultats que nous venons d'exposer constitue une vérification satisfaisante de la théorie proposée.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Capture des mésons* μ *négatifs dans le cuivre et dans l'étain.* Note (*) de MM. **André Lagarrigue** et **Charles Peyrou**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Étude dans une chambre de Wilson avec champ magnétique de la probabilité d'émission d'électrons par des mésons μ négatifs arrêtés dans des écrans de cuivre et d'étain. On en déduit que d'éventuelles réactions de capture avec émission d'électrons sont très rares ou interdites.

L'étude de la capture des mésons μ négatifs dans les noyaux lourds a permis de conclure que la plus grande partie de l'énergie de masse du méson μ était emportée par une particule légère. Par analogie avec la capture K, cette particule est supposée être un neutrino et la réaction est décrite par le schéma

$$\text{(I)} \qquad \mu^- + \text{P} \rightarrow \text{N} + \nu.$$

Nous avons étudié la capture des mésons μ négatifs dans le cuivre et l'étain pour voir si, à côté de la réaction (I), pouvaient se produire les réactions suivantes :

$$\text{(II)} \qquad \begin{cases} \mu^- + \text{P} \rightarrow \text{P} + e^-, \\ \mu^- + \text{N} \rightarrow \text{N} + e^-. \end{cases}$$

Les réactions (II) sont analogues à la réaction (I). Les réactions (II) ne sont pas impossibles *a priori*, mais leur existence n'est pas entraînée obligatoirement par la réaction (I).

Le dispositif expérimental utilisé pour l'étude du spectre de l'électron de désintégration du méson μ (¹) a été utilisé pour ce travail. Ce dispositif comprend une chambre de Wilson dans un champ magnétique, commandée par une coïncidence triple avec anticoïncidence au-dessous de la chambre. Des écrans de cuivre et d'étain permettent d'arrêter des mésons μ des deux signes.

(⁴) Résultats non publiés obtenus par J.-B. Donnet.

(*) Séance du 21 avril 1952.

(¹) A. Lagarrigue et C. Peyrou, *Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 848; *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 478.

Soient N^+ et N^- les nombres de mésons μ de chaque signe arrêtés et n^+ et n^- les nombres de mésons émettant un électron visible.

La proportion N_e/N du nombre de mésons négatifs émettant un électron est égale à

$$\frac{N_e}{N} = \frac{n^-}{N^-}\,\frac{N^+}{n^-},$$

9 000 photos ont été prises et conduisent aux résultats suivants :

Cuivre :	$N^+ = 140$,	$n^+ = 79$,	$N^- = 112$,	$n^- = 6$;
Étain :	$N^+ = 83$,	$n^+ = 53$,	$N^- = 69$,	$n^- = 3$.

D'où

$$\left(\frac{N_e}{N}\right)_{Cu} = 0{,}095 \pm 0{,}042, \qquad \left(\frac{N_e}{N}\right)_{Sn} = 0{,}068 \pm 0{,}040.$$

Soit λ_ν la probabilité de capture suivant la réaction (I). Soit λ_e la probabilité de capture suivant les réactions (II). On démontre facilement que :

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_e + \lambda_\nu} = \frac{\frac{N_e}{N}\tau^+ - \tau^-}{\tau^+ - \tau^-},$$

τ^+ est la vie moyenne du méson μ positif et τ^- est la vie moyenne apparente du méson μ négatif à l'arrêt dans l'élément considéré. τ^- a été mesuré par Harrisson et al. (²) dans le cuivre et l'antimoine :

$$\tau^-_{Cu} = 1{,}22.10^{-7} \pm 0{,}14\ \text{s}, \qquad \tau^-_{Sb} = 0{,}5.10^{-7} \pm 0{,}06\ \text{s}.$$

Assimilant l'antimoine ($Z = 51$) à l'étain ($Z = 50$) nous trouvons :

$$\text{Cuivre :}\quad \frac{\lambda_e}{\lambda_e + \lambda_\nu} = 4\,\% \pm 5\,\%; \qquad \text{Étain :}\quad \frac{\lambda_e}{\lambda_e + \lambda_\nu} = 4{,}3\,\% \pm 4\,\%.$$

Ces résultats montrent que les réactions (II) sont interdites ou très improbables devant les réactions (I).

Plusieurs physiciens ont groupé les trois réactions suivantes dans le triangle A (*fig.* 1) :

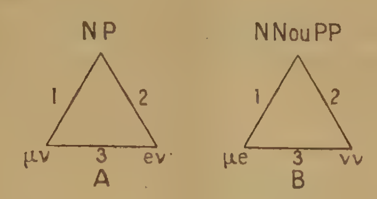
Radioactivité β	$N \to P + e^- + \nu$
Désintégration du méson μ	$\mu^\pm \to \nu + e^\pm + \nu$
Capture du méson μ négatif	$\mu^- + P \to N + \nu$

Si les réactions (II) sont possibles, on peut envisager un triangle de réaction B analogue au triangle A (*fig.* 1).

Le premier côté du triangle B représente les réactions (II). Le deuxième

(²) F. B. Harrisson, J. W. Keuffel et G. T. Reynolds, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 680.

côté représente des interactions protons-protons ou neutrons-neutrons avec émission d'une paire de neutrinos indécelables par l'expérience. Le troisième côté représente la désintégration du méson μ avec des couples de particules différents de ceux du triangle A.



Les réactions (II) étant interdites ou beaucoup plus rares que les réactions (I), on peut penser que dans la désintégration du méson μ, une interaction éventuelle entre les couples μe et $\nu\nu$ est faible ou nulle devant l'interaction entre les couples $\mu\nu$ et $e\nu$.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la répartition angulaire et la dissymétrie Est-Ouest de l'intensité du rayonnement cosmique, déterminées au moyen des émulsions nucléaires.* Note (*) de MM. **Max Morand** et **Tsai-Chü**, présentée par M. Eugène Darmois.

Étude de l'intensité et de la dissymétrie des traces au minimum d'ionisation, dans une plaque Ilford G_5, exposée à Tamanrasset; résultats en bon accord avec ceux des compteurs.

1. La répartition de l'intensité du rayonnement cosmique dans l'atmosphère a déjà été étudiée à l'aide de télescopes de compteurs [1], [2]. Coates et Herz [3] ont plus récemment comparé les résultats des compteurs avec ceux des émulsions sensibles. Nous avons exposé des plaques Ilford G_5, 400 μ, enfermées dans une boîte en aluminium mince, à Tamanrasset (1400 m, 25°30′ N de latitude géomagnétique), pendant 53 jours, plan de la plaque vertical, émulsion face Nord. Le dépouillement de toutes les traces traversant chaque champ a été fait en mesurant les angles définissant leur orientation dans l'espace et en comptant le nombre de grains pour une longueur de 100 μ. Les traces d'une longueur inférieure à 100 μ, ou trop courbées, ont été éliminées.

2. Soixante champs de microscope, situés uniformément dans une bande

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) A. Fréon, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 273.

(2) A. Fréon et Tsaï-Chü, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 753.

(3) *Phil. Mag.*, 40, 1949, p. 1088.

de plaque, ont été dépouillés complètement, ce qui a fourni 3273 traces au minimum d'ionisation. La majorité des traces a 27 grains par 100 μ. Environ 2 % des traces a une granulation supérieure à deux fois le minimum d'ionisation. Soit α l'angle entre la verticale et la projection d'une trace sur le plan de la plaque et β l'angle entre la trace et sa projection. La répartition des traces en fonction de α peut se représenter par la relation $I = I_0 \cos^\gamma \alpha$, avec $\gamma = 1{,}95 \pm 0{,}1$ (*fig.* 1). Pour les traces correspondant à $\alpha < 15°$, une semblable relation est valable en fonction de β, mais avec $\lambda = 6{,}26 \pm 0{,}3$. Beaucoup de traces échappent donc au dépouillement, dans la plaque examinée, quand β dépasse 30° (*fig.* 2). Des points aberrants pour les grands angles (α, $\beta > 70°$) existent toujours dans les mesures avec les compteurs ([2]) ou les plaques ([4]) pour les mésons lents : cela provient soit de la diffusion ([4]) des particules, soit d'une production locale isotrope de mésons ([4]) et d'électrons de désintégration, soit de branches d'étoiles.

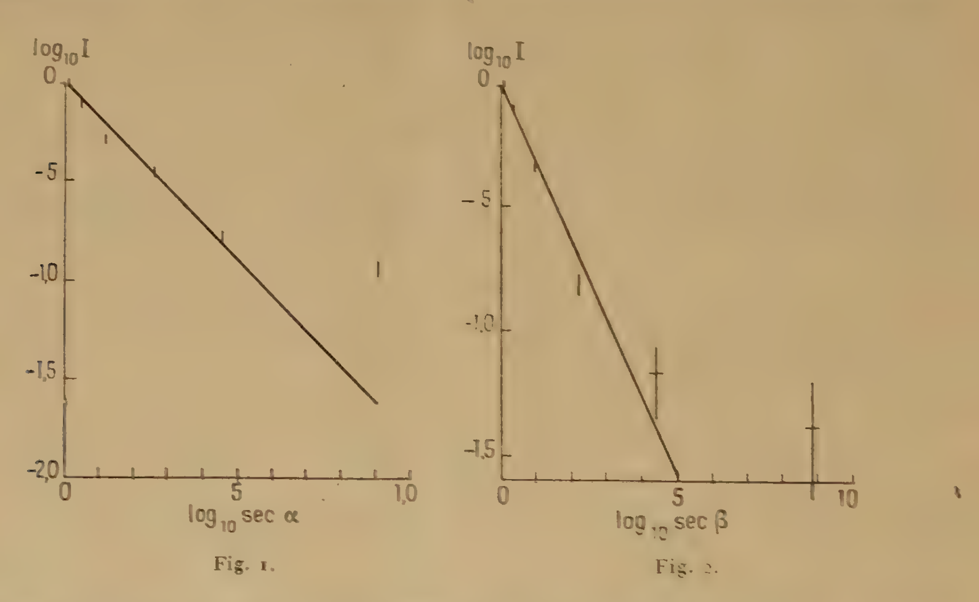


Fig. 1. Fig. 2.

3. On ne peut pas appliquer immédiatement à nos observations la méthode habituelle (compteurs) pour calculer l'intensité du rayonnement cosmique en direction (j) ou l'intensité totale ($\mathfrak{J}$). Mais en supposant des répartitions pratiquement identiques pour α et $\beta < 15°$, et en calculant la répartition pour $\beta > 15°$, nous obtenons

$$n = t\,A \int_0^{15°} j(0) \cos^2\alpha \,.\, 2\pi \sin\alpha \, d\alpha, \qquad \mathfrak{J} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} j(0) \cos^2\alpha \,.\, 2\pi \sin\alpha \, d\alpha,$$

où $n = 10{,}4 \pm 0{,}4$ est le nombre de particules pour α, $\beta < 15°$, t la durée

---

([4]) E. P. GEORGE dans *Progress in Cosmic Ray Physics*, 1952, p. 432 et 433.

d'exposition, $A = 7{,}2 \cdot 10^{-4}$ cm². Pour calculer l'intensité au niveau de la mer et à une latitude supérieure à 45°, il faut augmenter $\mathcal{I}$ de 9 % pour corriger l'effet de latitude (5) et le multiplier par 0,69 pour tenir compte de l'altitude (6). On obtient ainsi $\mathcal{I} = 0{,}0243 \pm 0{,}0009$ par centimètre carré et par seconde, en bon accord avec la valeur de Greisen (6). La dissymétrie Est-Ouest a la valeur $0{,}105 \pm 0{,}035$, si on la calcule à partir du nombre total des traces; en prenant sa valeur moyenne pour l'ensemble des champs, on trouve à peu près le même résultat. Le maximum de dissymétrie se situe entre 60 et 75°.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Mesure en résonance nucléaire de l'effet de l'allongement du caoutchouc sur son temps de relaxation* T_2. Note (*) de MM. **Armand Cohen-Hadria** et **Robert Gabillard**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude expérimentale des variations du temps de relaxation T_2 dû caoutchouc en fonction de la température et de l'influence sur celles-ci d'un allongement de l'échantillon a mis en évidence une diminution proportionnelle à l'allongement de la pente $\Delta T_2/\Delta\theta$ de la courbe $T_2 = f(\theta)$ dans sa région comprise entre $\theta = -15°$ et $\theta = +5°$ C.

Dispositif expérimental. — Nous avons utilisé un caoutchouc naturel vulcanisé dans des conditions connues (1). Le dispositif expérimental utilisé est accordé sur la résonance du proton. Il a été décrit par ailleurs (2). L'échantillon de forme allongée peut être étiré au moyen de deux mâchoires qui le saisissent de part et d'autre de la bobine du circuit oscillant, et il peut être refroidi par une circulation d'air liquide. Le T_2 de l'échantillon est mesuré au moyen de techniques classiques (utilisation de la largeur de raie à basse température) ou récemment décrites (mesure de l'amplitude, de la constante de temps de la décroissance exponentielle du signal au-dessus de $\theta \simeq -15°$ C) (3).

La température est mesurée par un couple thermoélectrique.

Nous avons tracé les courbes $T_2 = f(\theta)$ pour plusieurs valeurs de l'allongement relatif imposé au caoutchouc (*fig.* 1).

L'échantillon utilisé pour le tracé de chacune de ces courbes possède une forme déterminée de façon que sa section une fois la traction appliquée soit toujours la même. Cette précaution permet de maintenir constante l'importance

---

(5) T. H. Johnson, *Rev. Mod. Phys.*, 10, 1938, p. 229, 225.
(6) B. Rossi, *Rev., Mod. Phys,*, 20, 1948, p. 540.

(*) Séance du 28 avril 1952.
(1) Les échantillons nous ont été fournis par l'Institut français du caoutchouc.
(2) R. Gabillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 324.
(3) R. Gabillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1477 et *Thèse*, 1952.

de l'inhomogénéité statique du champ magnétique dans toute l'étendue des mesures.

Résultats expérimentaux. — Les courbes $T_2 = f(\theta)$ obtenues (*fig.* 1) présentent un aspect caractéristique de transition déjà signalé ([4]).

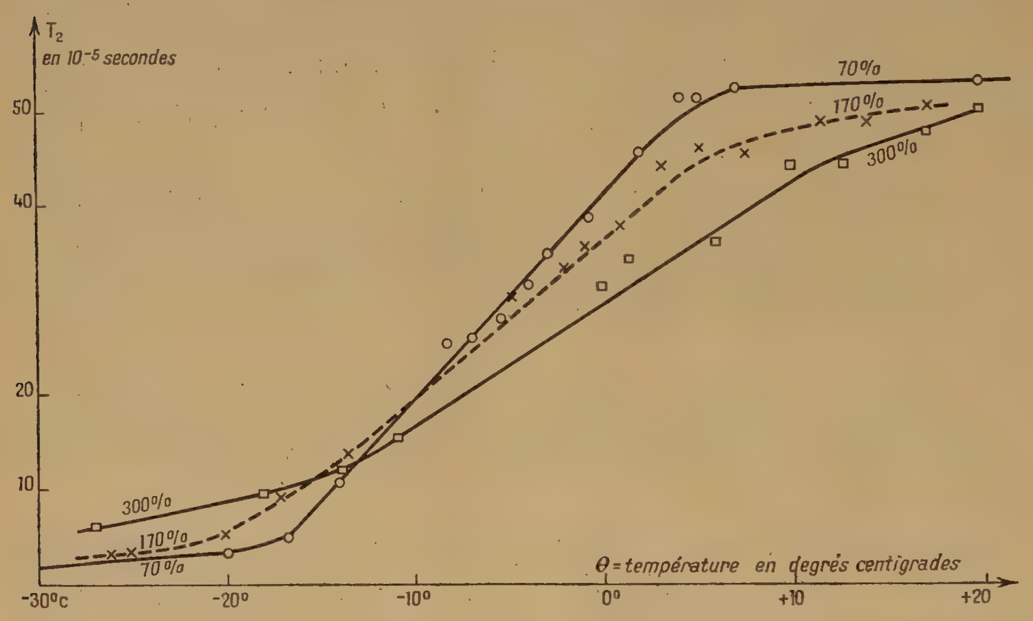


Fig. 1. — Temps de relaxation du caoutchouc C_3A en fonction de la température $T_2 = f(\theta°c)$ pour différents allongements relatifs ($\Delta l/l = 70$, 170 et 300 %).

A la température du laboratoire le T_2 du caoutchouc utilisé est voisin de $5 . 10^{-4}$ s, valeur inférieure à la limite imposée par l'inhomogénéité du champ magnétique $T_2^* = 8{,}5 . 10^{-4}$ s. Lorsque la température décroît, le T_2 diminue rapidement jusqu'à $T_2 \cong 5 . 10^{-5}$ s d'une manière à peu près linéaire dans un intervalle de température compris entre — 5° et — 15° C. Au delà de cette zone de transition, il ne diminue que très lentement jusqu'à la température de l'air liquide au delà de laquelle nous n'avons pas poussé les mesures $T_{2\,\text{air liquide}} = 2 . 10^{-5}$ s.

Trois de ces courbes représentées figure 1 correspondent respectivement à des allongements relatifs $\Delta l/l = 70$ %, 170 %, 300 %. Deux phénomènes apparaissent :

1° A la température du laboratoire, le T_2 diminue légèrement avec l'allongement.

2° La pente de la région de transition diminue linéairement en fonction de l'allongement (*fig.* 2).

([4]) Holroyd, Codrington, Mrowca et Guth, *J. appl. Phys.*, **22**, n° 6, 1951.

Nous avons envisagé pour interpréter ces résultats l'influence d'une modification des importances relatives des interactions spin-spin intramoléculaires et des interactions spin-spin entre chaînes voisines. Nous préciserons cette

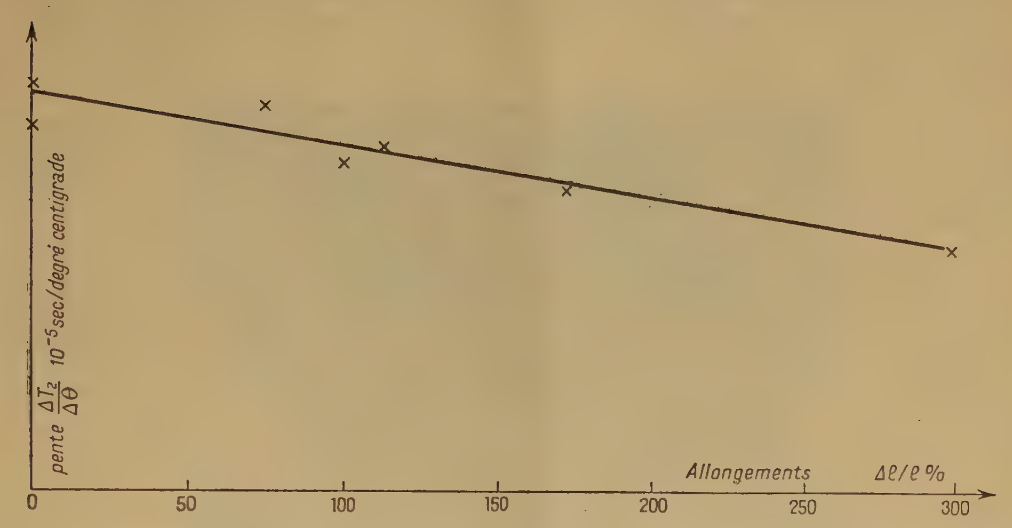


Fig. 2. — Variation de la pente $\Delta T_2/\Delta\theta$ en fonction de l'allongement $\Delta l/l$ % (dans la région de transition du caoutchouc).

théorie dans une Note ultérieure. Toutefois nous jugeons utile de rapprocher ces résultats de ceux obtenus en gonflant du caoutchouc crêpe naturel dans du tétrachlorure de carbone. Le gonflement produit un accroissement de T_2 :

$$T_2 \text{ (crêpe)} = 6.10^{-4}\text{ s},$$
$$T_2 \text{ (crêpe gonflé à 25 \%)} = 8.10^{-4}\text{ s} \cong T_2^*.$$

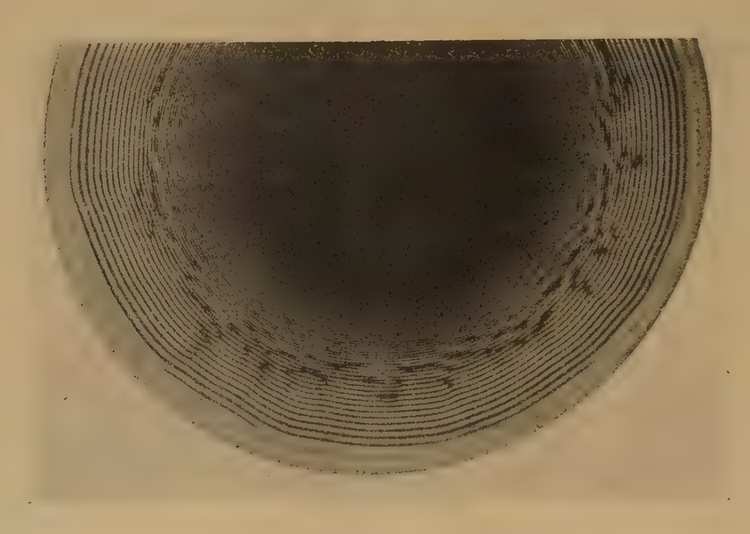
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur des anneaux composés de Liesegang.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Charles Mauguin.

Anneaux composés de Liesegang, obtenus dans la gélatine par précipitation simultanée de chromate et de bichromate de potassium au moyen de nitrate d'argent

Une précédente étude comparée (¹) a établi une distinction entre les anneaux de Liesegang classiques et ceux obtenus dans des conditions similaires, mais avec substitution, dans la gélatine, du chromate au bichromate de potassium. Le point de vue a été confirmé par le présent travail, qui a montré que les rythmicités des deux sortes sont composables, avec production d'une rythmicité résultante.

(¹) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 611.

Les expériences ont consisté à suivre, par essais successifs, la répercussion, sur les anneaux, d'une addition progressive de chromate au bichromate de potassium de la technique usuelle. A partir d'un moment donné, des déformations d'anneaux, de place en place, avec moirages de l'ensemble, avertissent de la compétition d'une seconde rythmicité avec la première.



Anneaux composés de Liesegang.

A l'optimum, les moirages se transforment en un système d'anneaux composés, tels que ceux de la préparation reproduite sur la figure. La seconde rythmicité ne s'est pas manifestée directement à l'observation : échec interprétable par une mise en œuvre d'anneaux de stabilité insuffisante, bousculés dans leur édification par les anneaux plus robustes de l'autre système.

Les anneaux composés relativement épais et diffus se superposent au système primaire, apparemment régis par la loi générale de distribution des précipitations rythmiques. A la périphérie, leur front d'avance se trouve dépassé par quelques anneaux primaires, ceux-là visiblement respectés par la formation concurrente.

Ce ne serait donc pas collectivement que réagiraient au nitrate d'argent, dans leurs solutions-mélanges, le chromate et le bichromate de potassium. Les chromates d'argent des deux origines coexistent dans le précipité global, en milieu aqueux. En couche de gélatine, cependant, ils sont séparables dans des rythmicités distinctes, en restant ultérieurement susceptibles de se rassembler dans une rythmicité résultante.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les phénomènes d'ionisation qui accompagnent la rupture de surfaces liquides.* Note (*) de Mlle **Paulette Pannetier**, présentée par M. Eugène Darmois.

Des expériences plus ou moins anciennes ont montré que la pulvérisation de liquides est accompagnée d'une émission de particules chargées électriquement. L'interprétation de ce phénomène se déduit de la théorie générale émise par E. Darmois concernant la triboélectricité ([1]). Dans le cas particulier de ruptures de surfaces de liquides électrolytiques, il est intéressant de connaître le comportement des ions du liquide.

Un grand nombre de résultats donnés dans la bibliographie ont été obtenus par *la méthode des courants gazeux* qui consiste à entraîner les particules par un courant de gaz dans un condensateur de mesure. Une des raisons de l'emploi de cette méthode réside dans le caractère turbulent des barbotages gazeux utilisés qui rend difficile l'étude des particules à l'endroit même où elles sont émises. Ce n'est que dans le cas du dégagement d'un gaz préparé par voie chimique dans la solution elle-même que L. Bloch ([2]) a pu utiliser *la méthode statique*, où il n'y a pas de courant d'entraînement et où l'on effectue la mesure dans la chambre d'ionisation même.

Nous avons adopté la méthode statique, car nous avons réussi à étendre son application au barbotage par voie non chimique grâce à l'obtention d'un dégagement gazeux lent et très fin (ce qui évite les projections importantes). Nous y sommes parvenue en utilisant des membranes de céramique peu perméables, à travers lesquelles nous envoyons le gaz sous une pression convenablement réglée. Cette membrane constitue le fond d'un récipient en verre qui contient le liquide à étudier et qui est disposé dans une chambre d'ionisation. L'électrode inférieure est constituée par le liquide à la surface duquel viennent crever les bulles de gaz; l'électrode supérieure, collectrice, est un plateau horizontal entouré d'un anneau de garde et relié à un électromètre à quadrants. Les particules produites à la surface du liquide se déplacent dans le champ électrique établi entre les deux électrodes. Quand l'électrode supérieure est négative par rapport à cette surface, elle recueille les charges positives, on observe un courant dit « positif »; quand elle est positive, elle recueille les charges négatives (courant « négatif »).

L'allure des courbes courant-tension renseigne sur la mobilité et les caractéristiques des particules chargées. L. Bloch avait trouvé que ces

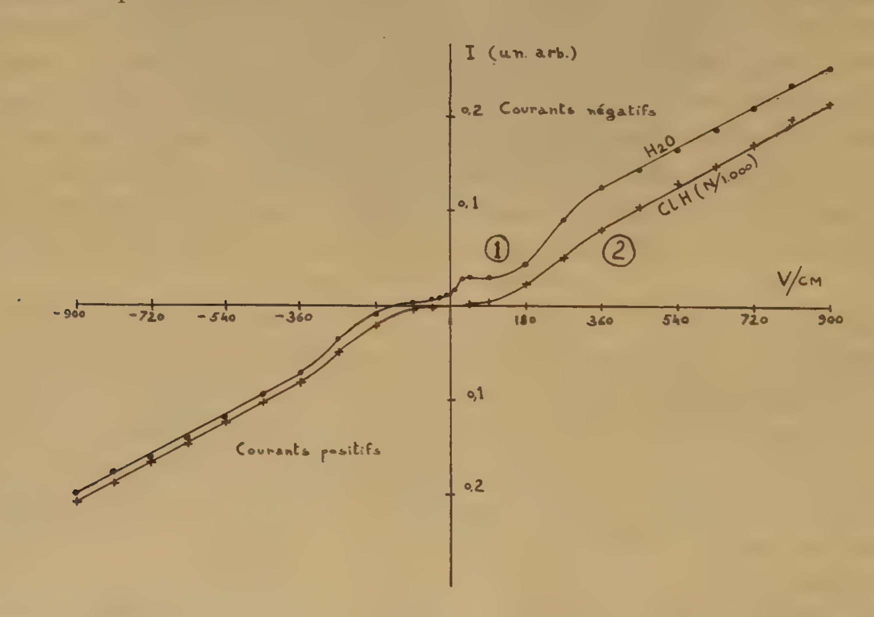
---

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 882.

([2]) *Ann. Chim. Phys.*, **22**, 1911, p. 370.

courbes présentent une saturation, dans la méthode des courants gazeux appliquée à différents liquides (H_2O, ClH, etc.), et qu'elles n'en présentent pas dans la méthode statique appliquée au cas du barbotage de l'hydrogène obtenu par voie chimique dans une solution de ClH. Il interprète cette différence des résultats obtenus par les deux méthodes par l'hypothèse, dans le cas de la méthode statique, d'une émission de centres neutres qui se chargeraient par voie électrostatique. Nous montrons par notre méthode statique sans dégagement chimique que les courbes ne présentent pas de saturation pour divers liquides, mais nous proposons de baser l'interprétation de ces résultats sur l'hypothèse d'un enrichissement de la couche superficielle en ions du signe correspondant au champ appliqué; en conséquence, la rupture doit donner lieu à une émission de charges qui croissent avec le champ.



La courbe 1 est relative au barbotage de l'air dans de l'eau bidistillée (ordonnées proportionnelles à l'inverse du temps mis par l'électromètre pour dévier de 20 mm). Elle ne présente pas de saturation dans les limites de champ étudiées. On voit que pour un champ nul les charges négatives prédominent et qu'il faut appliquer au plateau un potentiel retardateur (négatif) d'une centaine de volts pour annuler leur courant. Pour les champs positifs faibles, on trouve un léger palier qui se transforme en une courbe ascendante tendant vers une droite.

Pour les champs négatifs, les courants positifs observés sont plus faibles que les courants négatifs correspondants, mais la courbe tend également vers une droite de même pente que pour les courants négatifs.

La courbe 2 se rapporte à une solution de ClH (N/1000). On voit qu'elle

est remarquablement symétrique, qu'elle passe par l'origine et qu'elle présente la même pente que celle relative à l'eau.

Toutes ces courbes sont très reproductibles.

L'interprétation de ces résultats est en cours, mais nous remarquerons dès maintenant l'influence de l'addition à l'eau d'un électrolyte sur le phénomène étudié.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une méthode d'étude des conductibilités ioniques de certains sels, à la température ordinaire.* Note de MM. **Marcel Perrot** et **Abdelhak Sator**, présentée par M. Eugène Darmois.

La méthode décrite appliquée à Cl_2Pb permet l'étude de la conductibilité de ce sel à la température ordinaire et sous le vide. Cette conductibilité tend après une courte évolution vers une limite; elle est ionique : les deux ions Cl^- et Pb participent au transport du courant.

Introduction. — La conductibilité du chlorure de plomb fondu ou en poudre agglomérée serait ionique entre 200 et 450°, les ions Cl^- étant pratiquement seuls mobiles ([1]). Les mesures effectuées à la température ordinaire ([2]) conduisent à des valeurs différentes de la conductibilité, mais aucune indication n'est donnée sur sa nature. Certains auteurs ([3]) affirment même que ce sel ne conduit pas l'électricité à la température ordinaire.

Nous avons repris cette étude à l'aide de la technique suivante :

Technique expérimentale. — On prépare par évaporation thermique sur une lame de verre propre deux plages métalliques minces A et C, d'épaisseur e déterminée à la microbalance et séparées par un sillon rectiligne de largeur l ($27 < l\omega < 200$) et de longueur L de l'ordre du centimètre. Ce procédé, utilisé pour la première fois par MM. Blanc-Lapierre et Perrot ([4]), nous a permis l'emploi de champs électriques E élevés ($250 < E$ V/cm $< 12\,000$).

Le chlorure de plomb purifié par deux cristallisations est séché ou fondu sous atmosphère d'azote. On dépose par évaporation thermique sur les électrodes métalliques une lame transparente de ce sel sous une épaisseur supérieure à e, comblant et débordant largement le sillon. Ces évaporations successives sont effectuées sous un vide de l'ordre de 10^{-5} mm de Hg, de même que toute l'étude de la conductibilité, les électrodes étant

---

([1]) Tubandt et Egger, *Z. anorg. Chem.*, 110, 1920, p. 196; Hevesy et Seith, *Z. Physik*, 59, 1929, p. 790.

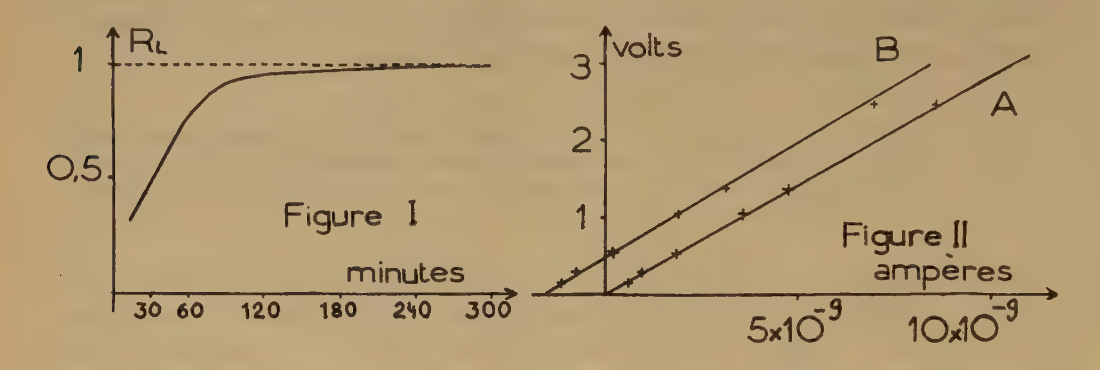
([2]) Z. Gyulai, *Math. term Ert*, Band, 47, p. 770; Benrath Tesche, *Z. Physik Chem.*, 96, p. 477.

([3]) Wartman, *Z. Physik Chem.*, 62, 1908, p. 119; Beijerinck, *N. J. b. Miner. Beil.*, Bd 11, 1911, p. 463.

([4]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1641.

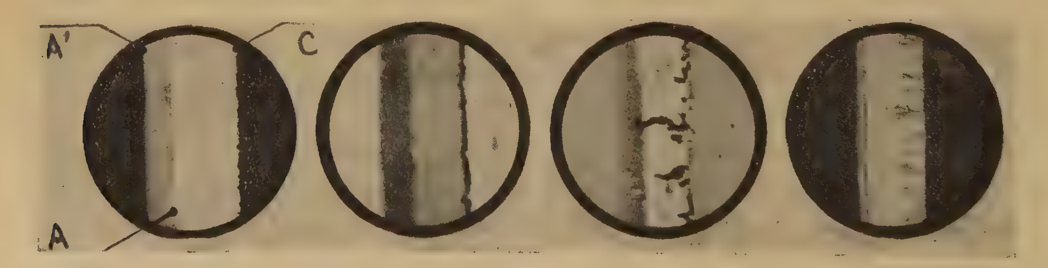
réunies extérieurement à un montage à courant continu permettant de déceler 10^{-11} A.

Résultats. — Les mesures effectuées à la température de la salle (20°), 15 m après la fin de l'évaporation du sel, montrent qu'il est conducteur; la résistance de la lame, mesurée périodiquement pendant des temps très courts, augmente constamment au cours des premières heures qui suivent l'évaporation pour tendre vers une limite R_L. La courbe de la figure I représente $R_t/R_L = f(t)$ (R_t, résistance à l'instant t).



Cette limite étant atteinte, on applique aux électrodes une tension croissante permettant de tracer la caractéristique courant-tension de la lame. Cette courbe [*fig.* II (A)] est représentée par une droite passant par l'origine.

La lame est alors soumise à une tension constante pendant quelques heures, une nouvelle caractéristique courant-tension est ensuite établie. Cette courbe [*fig.* II (B)] met en évidence l'existence d'une f. c. e. m. de 0,5 V environ. L'expérience est alors interrompue, la lame est placée dans l'air et l'on examine le sillon au microscope.



Cliché I : Électrodes Ag éclairage par transmission. — Cliché II : Électrodes Ag éclairage par réflexion. — Cliché III : Électrodes Au éclairage par réflexion. — Cliché IV : Électrodes Pb éclairage par transmission.

Dans le cas d'électrodes en argent ou en plomb, le bord A de l'anode a reculé de A en A' (clichés I, II, IV), la largeur Δl de cette plage AA'

peut être sensiblement retrouvée par le calcul en admettant que l'électrode A a été attaquée par les ions Cl^- transportés au cours de l'électrolyse (par suite de l'action photochimique de la lumière sur ClAg, cette plage apparaît en noir (cliché n° II).

La partie centrale transparente de Cl_2Pb est restée inaltérée. Sur l'électrode C apparaît toujours un liséré de plomb et suivant la conduite de l'électrolyse, il se développe des arborescences plus ou moins importantes (cliché n° IV).

Dans le cas d'électrodes en or (cliché n° III), on constate l'existence sur le bord de l'électrode A d'une zone rousse de chlorure d'or; à la cathode un liséré noir de plomb se détache sur le fond réfléchissant de l'électrode; une arborescence a court-circuité la lame.

Sur les 20 lames qui ont été étudiées, on a extrait les résultats relatifs à quatre d'entre elles réunis dans le tableau suivant (Δl^m représente la largeur *mesurée* de la plage de Cl_2Pb formée, Δl^c. sa valeur *calculée* à partir de la quantité Q d'électricité qui a traversé la lame).

Électrodes.	Q(μCb).	E(V/cm).	l(μ).	e(mμ).	Δl^c(μ).	Δl^m(μ).	R(MΩ).
Plomb	176	870	174	157	4,5	6	2 900
Or..........	225	1 600	113	80	diffus	4,8	915
Argent	256	1 380	107	90	33	39	600
»	158	1 120	64	78	25	30	280

En supposant en première approximation que le courant ne passe qu'à travers le parallélipipède $e \times l \times L$ de Cl_2Pb, on trouve pour la résistivité de ce sel, dans l'ensemble des mesures, des valeurs comprises entre 0,5 et $5.10^6 \Omega$/cm.

Cette méthode que nous perfectionnons doit permettre l'étude systématique du mécanisme de la conductibilité ionique de nombreux sels.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur certaines propriétés catalytiques présentées par la Montmorillonite.* Note de MM. **Fernand Kayser** et **Jean-Michel Bloch**, présentée par M. Paul Lebeau.

La structure phylliteuse de la Montmorillonite nous a amenés à penser que ce minéral argileux serait capable de présenter un net pouvoir catalytique, pourvu que les corps mis en sa présence puissent être fortement fixés par lui.

Nos premiers essais ont consisté à montrer que les colorants dits cationiques étaient fortement adsorbés par la Montmorillonite [1] et pouvaient alors lui communiquer la teinte qu'ils prennent en milieu franchement

(1) Note au *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1951, M, p. 488.

acide : bleu pour le Rouge neutre, rouge pour le Bleu de thymol, etc.

L'acidité relativement forte de la Montmorillonite-acide (MtH), au contact des feuillets d'argile, est encore démontrée par l'expérience suivante : une suspension aqueuse de MtH est additionnée de saccharose; après quelques heures de contact, on ajoute de la solution cuproalcaline (liqueur de Fehling) et l'on chauffe; il se forme aussitôt de l'oxydule de cuivre, non dans le liquide, mais au contact de la MtH gonflée. Il a donc fallu que le saccharose s'intervertisse sous l'influence des ions $(H)^+$ qui se trouvent au voisinage des feuillets de MtH. Naturellement, si l'interversion est faite à chaud, elle est rapide et les sucres réducteurs diffusent dans tout le mélange.

Dans certaines conditions, MtH purifiée peut présenter des propriétés oxydantes ([1]) et recolorer des leucobases, oxyder les molécules de phénol faiblement adsorbées (IK, au contact de MtH qui a fixé un peu de phénol, libère de l'iode).

Nous avons pensé que cette fonction acide fort, ce pouvoir oxydant, cette propriété de fixer des bases aminées, joints à l'avidité de MtH pour l'eau, devaient permettre certaines synthèses.

Nous avons mis en contact de l'ammoniaque, du benzène et une suspension aqueuse de MtH, dans l'espoir d'obtenir de l'*aniline*. Après agitation, nous avons effectivement constaté que la solution benzénique d'une part, MtH de l'autre, donnaient très nettement les réactions colorées de l'aniline, mais nous n'avons pu isoler de quantités notables de cette amine; l'aniline qui a pu se former est fortement adsorbée sur l'argile et n'a pu être éluée commodément par aucun des procédés usuels; l'ébullition de MtH dans ClH au demi n'enlève pas à l'argile la totalité de la substance responsable des réactions colorées caractéristiques de l'aniline; l'entraînement à la vapeur d'eau permet d'arracher à MtH des traces d'aniline décelables par les réactions colorées. En modifiant les conditions de température, d'humidité, de nature de l'argile (Montmorillonite acide ou sodique, ou argentique, ou nickelique), en opérant en phase gazeuse ou liquide, jamais nous n'avons pu isoler de quantité suffisante du corps chromogène pour pouvoir l'identifier avec certitude.

Nous avons ensuite tenté la synthèse de *matières colorantes*, avec succès. La Montmorillonite, acide ou sodique, en suspension aqueuse ou à l'état de poudre, peut condenser les amines aux aldéhydes, en donnant naissance, plus ou moins rapidement, à froid ou à chaud, à des pigments dont la couleur varie avec les matières premières employées et avec le mode opératoire. C'est ainsi qu'une suspension aqueuse de Montmorillonite sodique, additionnée d'aniline et de formaldéhyde, donne naissance, par dessiccation, à froid ou à chaud, à un pigment jaune orangé. Nous avons pu obtenir des pigments aux nuances très variées, ils sont thermostables

et n'abandonnent rien aux solvants usuels, ils résistent aux acides, mais non aux bases fortes (2).

D'autres réactions encore ont pu être catalysées. C'est ainsi que l'acide sulfanilique s'obtient à froid par action de SO_4H_2 sur l'aniline préalablement fixée sur MtH. L'addition de nitrite de sodium, puis de diméthylaniline, permet d'obtenir une matière colorante anionique, facile à éluer, qui vire comme le fait l'hélianthine lorsque le pH varie. Le spectre d'absorption de cette matière colorante présente de grandes analogies avec celui de l'hélianthine, mais aussi des différences qui font penser que nous avons obtenu un mélange de composés contenant une forte proportion d'hélianthine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation des alcools aromatiques par la N-bromoacétamide.* Note (*) de MM. **Jacques Lecomte** et **Claude Dufour**, présentée par M. Marcel Delépine.

La N-bromoacétamide préparée pour la première fois en 1882 par Hoffmann (1), a fait l'objet de nombreux travaux ayant pour but d'étudier son comportement vis-à-vis des liaisons multiples. Il a été mis en évidence dans de nombreux cas, qu'il y a fixation d'un ou plusieurs atomes de brome, et parfois d'un atome de brome et d'un groupement oxhydrile (2). Dans un autre ordre d'idées l'oxydation d'un groupe OH fixé sur un noyau stérolique sous l'influence de la N-bromoacétamide a été réalisé par Reichstein (3).

Au cours d'un essai d'étude systématique de la réaction d'oxydation des groupements hydroxyles par la N-bromoacétamide, nous nous sommes en premier lieu intéressés aux alcools primaires et secondaires de la série aromatique. Cette étude nous a permis de montrer que la N-bromoacétamide transforme presque quantitativement les alcools primaires et secondaires dont la

---

(2) La coloration des montmorillonites par les amines aromatiques avait déjà été signalée comme réactif plus ou moins spécifique de ces argiles. C'est aussi dans ce but que Krüger et Oberlies (*Ber. Deutsc. Chem. Gesell.*, 1941, 74, p. 663 et 1711) ont rapporté qu'en atmosphère de diméthylaniline et de benzaldéhyde, MtH se colorait en vert, sans doute par formation de Vert Malachite. En opérant dans des conditions qui seront précisées ailleurs, nous avons obtenu des pigments d'un beau vert alors que les auteurs allemands semblent n'avoir obtenu qu'une argile irrégulièrement teintée et colorant l'alcool par simple agitation.

(*) Séance du 7 avril 1952.

(1) *Ber. der Deut. Chem. Gesell.*, 15, 1882, p. 407.

(2) A. Wohl, *Ber. der Deut. Chem. Gesell.*, 52, 1919, p. 51; A. Wohl et K. Jaschinowski, *Ber. der Deut. Chem. Gesell.*, 54, 1921, p. 476; R. E. Buckles, *J. Am. Soc.*, 71, 1949, p. 1157.

(3) H. Reich et T. Reichstein, *Helv. Ch. Acta*, 26, 1943, p. 583.

fonction alcool est fixe sur un atome de carbone immédiatement voisin d'un cycle benzénique, en dérivé aldéhydique ou cétonique correspondant. Par contre si la fonction alcool est séparée du noyau benzénique les rendements deviennent excessivement faibles.

Il est à noter que dans le cas des alcools primaires il ne se forme pratiquement pas d'acide correspondant, la réaction s'arrêtant au stade aldéhydique.

Les aldéhydes ou cétones formés ont été mis en évidence et dosés au moyen de leur 2.4-dinitrophénylhydrazones.

Les principaux résultats concernant cette série sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Composés oxydés.	Rendement (%).	Point de fusion. 2.4 Dinitrophényl hydrazone.	Point de fusion. Bibliographie.
$C_6H_5-CH_2OH$ alcool benzylique......	75	241-242°	235°
$CH_3O-C_6H_4-CH_2OH$ alcool anisique.	71	254-255°	253-254°
$C_6H_5-CH_2-CH_2-OH$ alcool phényl-éthylique........................	inférieur à 1	–	–
$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ alcool phényl-propionique	inférieur à 1	–	–
$C_6H_5-CH{=}CH-CH_2OH$ alcool cinnamique	inférieur à 1	–	–
$C_6H_5-CH(OH)-CH_3$ phényl-1 éthanol.	80	253-255°	249-250°
$C_6H_5-CH(OH)-CH_2-CH_3$ phényl-1 propanol........................	85	191-192°	190-191°
$C_6H_5-CH(OH)-C_6H_5$ benzylhydrol..	80	239-240°	238-239°
$C_6H_5-CH(OH)-CH_2-C_6H_5$ diphényl-1.2 éthanol..................	95	205-206°	–
$C_6H_5-CH_2-CH(OH)-CH_3$ phényl-1 propanol-2	35	227-231° point de transformation 244-246°	–
$C_6H_5-CH_2-CH(OH)-C_3H_7$ (iso) phényl-1 méthyl-4 butanol-2...........	inférieur à 1	–	–
$C_6H_5-CH_2-CH(OH)-CH_2-C_6H_5$ diphényl-1.3 propanol-2.............	inférieur à 1	–	–

(*) Les points de fusion indiqués sont pris sous microscope entre lame et lamelle.

Exemple de mode opératoire. — *Oxydation de l'alcool anisique.* — Dissoudre l'alcool anisique (1,36 g) dans du benzène (15 cm^3), ajouter 2 cm^3 de pyridine anhydre, puis 1,5 g de N-bromoacétamide. Laisser reposer à la température ambiante le mélange qui devient orangé. Au bout de 12 h la solution se trouble et une huile brune se sépare. Décomposer l'excès de réactif avec l'hyposulfite de sodium et laver la solution benzénique avec de l'acide sulfurique 2N. Sécher et concentrer, puis ajouter au résidu un excès de solution

alcoolique de sulfate de 2.4-dinitrophénylhydrazine. On essore l'hydrazone formée, on lave à l'alcool et sèche. On obtient 2,28 g de 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'anisaldéhyde. F 254-255° (xylène). Rdt 71 % du rendement théorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la cyano-2 cyclopentanone.* Note (*) de MM. **Olivier Riobé** et **Lucien Gouin**, présentée par M. Marcel Delépine.

La cyano-2 cyclopentanone permet, par alcoylation du groupement méthylénique placé entre les fonctions cétone et nitrile, d'obtenir des dérivés de substitution qui ne sont plus susceptibles de s'énoliser au même degré que la cétone primitive.

Par action des organomagnésiens mixtes, la cyano-2 cyclopentanone conduit à des β-dicétones cycliques dont les dérivés cristallisés semblent intéressants pour étudier la formation des cycles pyrazoliques.

Au cours de l'hydrogénation catalytique de l'adiponitrile, il se forme, outre l'hexaméthylènediamine normalement attendue, une faible quantité d'imino-2 cyanocyclopentane (F 140°) qui, par hydrolyse acide, conduit, avec un rendement moyen de 83 %, à la cyano-2 cyclopentanone déjà obtenue par Best et Thorpe ([1]) à partir du même iminonitrile ou à partir de l'imino-2 cyano-3 cyclopentanone carboxylate d'éthyle.

H_2C—$CH—CN$ / H_2C—$C{=}NH$ / CH_2 $\xrightarrow{H_2O + SO_4H_2}$ H_2C—$CH—CN$ / H_2C—$C{=}O$ / CH_2

Ce nitrile β-cétonique est un liquide visqueux, incolore, possédant les constantes suivantes :

E_{14} 137-140°; n_D^{14} 1,4701; d_4^{14} 1,089 (N % trouvé 12,73; calculé 12,84 pour C_6H_7NO).

Semicarbazone ($C_7H_{10}N_4O$). F 194°; N % trouvé 33,52; calculé 33,73.

Les nitriles β-cétoniques ([2]) possèdent un groupement méthylénique généralement plus actif que celui des β-dicétones. La mobilité de l'hydrogène dans la cyano-2 cyclopentanone se traduit par un taux très élevé d'énolisation (90 %) calculé par dosage au bromure d'éthylmagnésium et par addition d'une solution tétrachlorocarbonique de brome :

H_2C—$CH—CN$ / H_2C—$C{=}O$ / CH_2 $\rightleftharpoons$ H_2C—$C—CN$ / H_2C—$C—OH$ / CH_2

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) *J. Chem. Soc.*, 95, 1909, p. 685.

([2]) Eistert, *Tautomerie und Mesomerie*, Stuggart, 1938, p. 44 et suiv.

Cet énol réduit le nitrate mercureux ([3]) et colore en violet intense le chlorure ferrique.

Sous l'action de l'éthylate de sodium, la cyano-2 cyclopentanone donne un dérivé cristallisé blanc, insoluble dans l'alcool, qui se condense avec les halogénures d'alcoyle, en donnant les dérivés substitués correspondants :

```
H2C————CH—CN    C2H5ONa    H2C————C</Na     RX    H2C————C</R
 |      |       ———→        |      | \CN     →      |      | \CN
H2C\   /C=O               H2C\   /C=O             H2C\   /C=O
    CH2                       CH2                     CH2
```

Les rendements de ces opérations varient avec la nature de l'halogénure envisagé : de 37 % avec l'iodure de méthyle, ils atteignent 83 % avec le bromure d'allyle.

Les alcoyl-2 cyano-2 cyclopentanones obtenues sont des liquides visqueux non énolisés. Les tableaux suivants résument les caractéristiques des corps obtenus et des semi-carbazones correspondantes.

TABLEAU I.

```
          R
          |
H2C————C—CN
 |      |
H2C\   /C=O
    CH2
```

R.	Émm.	N_D^t.	N (%). Trouvé.	N (%). Calculé.
R=H; (C_6H_7NO)	137–140°₁₄	1,4701[14]	12,73	12,84
R=CH₃; (C_7H_9NO)	113–115°₁₈	1,4562[15]	11,22	11,38
R=CH₂—CH=CH₂; ($C_9H_{11}NO$)	127–130°₁₁	1,4773[12]	9,14	9,39

TABLEAU II.

```
          R
          |
H2C————C—CN
 |      |
H2C\   /C=N—NH—CO—NH2
    CH2
```

R.	F (°C) (Maquenne).	N (%). Trouvé.	N (%). Calculé.
R=H; ($C_7H_{10}N_4O$)	194	33,52	33,73
R=CH₃; ($C_8H_{12}N_4O$)	226	31,30	31,11
R=CH₂—CH=CH₂; ($C_{10}H_{14}N_4O$)	192	26,94	27,18

([3]) ZAPPI, *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 54.

Condensée avec un gros excès de bromure de phénylmagnésium, la cyano-2 cyclopentanone conduit seulement à une β-dicétone cristallisée en paillettes très légèrement jaunes, la benzoyl-2 cyclopentanone (Rdt 40 %).

```
H2C————CH—CO—C6H5
 |       |                ($C_{12}H_{12}O_2$)
H2C      C=O
   \    /
    CH2
```

F 117° (C %, trouvé 76,75; H %, trouvé 6,9).

Ce composé est fortement énolisé. En chauffant pendant un jour cette dicétone avec le chlorhydrate de semicarbazide, on n'obtient qu'une monosemicarbazone, cristallisée en aiguilles blanches soyeuses. F 143° (N %, trouvé 16,65; calculé 17,14 pour $C_{13}H_{15}N_3O_2$).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dithiole-1.2 thiones-3 comportant un noyau thiophénique.* Note de MM. **Noël Lozac'h** et **Jean Teste**, présentée par M. Paul Pascal.

Un certain nombre de dithiole-1.2 thiones-3 ont été déjà obtenues par action du soufre sur les hydrocarbures éthyléniques. En particulier, la sulfuration de composés benzéniques comportant une chaîne latérale allylique, propénylique, ou isopropénylique, a fait l'objet de plusieurs publications [1], [2].

Nous avons voulu étudier le comportement de composés thiophéniques à chaîne latérale éthylénique, dans les conditions de sulfuration que nous avions réalisées pour les composés benzéniques correspondants. Connaissant l'analogie des noyaux benzénique et thiophénique, on aurait pu espérer obtenir aisément de cette manière des dithiole-1.2 thiones-3 contenant un noyau thiophénique. Cette prévision ne s'est trouvée que partiellement vérifiée. En effet, s'il nous fut possible d'obtenir une dithiole-thione à partir de l'α-thiényl-1 propène, par contre nos essais furent infructueux dans les cas de l'α-thiényl-2 propène, et de l'α-thiényl-2 butène-2.

Pour confirmer la synthèse de l'α-thiényl-5 dithiole-1.2 thione-3 à partir de l'α-thiényl-1 propène, nous avons préparé cette dithiole thione par une seconde méthode : l'action du pentasulfure de phosphore sur l'α-thiénoyl acétate d'éthyle, selon la réaction signalée par [3] et [4].

---

(1) N. Lozac'h, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 840 (*voir* bibliographie d'ensemble).

(2) N. Lozac'h et Y. Mollier, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 1243.

(3) N. Lozac'h et L. Legrand, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1291.

(4) A. Luttringhaus et W. Cleve, *Liebigs Ann.*, 575, 1951, p. 118.

Ces deux préparations peuvent s'écrire

```
CH‾‾‾‾‾‾CH        S    CH‾‾‾‾‾‾CH                P2S5  CH‾‾‾‾‾‾CH
 |      |         →     |      |                  ←     |      |
CH\    /C—CH           CH\    /C—C‾‾‾‾‾‾‾S             CH\    /C—CO
    S     ||               S     |        |                S     |
          CH                     CH\     /S                      CH2
            \                         C                            \
             CH3                      ||                            COOC2H5
                                      S
```

Des expériences sont actuellement en cours pour généraliser les résultats ci-dessus. Par action du pentasulfure de phosphore sur l'α-thiénoyl-2 propionate d'éthyle (aiguilles incolores F 129°), nous avons par exemple obtenu un composé présentant les caractères d'une dithiole-thione, en lamelles rouges fondant à 90°. D'après son mode de formation, ce composé serait la méthyl-4-α-thiényl-5 dithiole-1.2 thione-3.

α-Thiényl-1 propène. — Préparé par action de l'aldéhyde α-thiénoïque sur le bromure d'éthyl-magnésium, et déshydratation, sur bisulfate de potassium, de l'alcool ainsi formé. L'α-thiényl-1 propène bout à 63° sous 14 mm n_D^{24} 1,5713.

Sulfuration de l'α-thiényl-1 propène. — On fait agir sur le composé précédent un poids égal de soufre, pendant deux heures, à une température voisine de 200°. Le produit de la réaction est pris par du xylène chaud. On laisse refroidir et l'on filtre. La solution filtrée est traitée par une solution acétonique de chlorure mercurique. Le précipité mercuriel formé est décomposé par le sulfure de sodium, et la dithiole-thione libérée est recristallisée dans l'alcool jusqu'à point de fusion constant. Les cristaux brun rouge d'α-thiényl-5 dithiole-1.2 thione-3 fondent à 130°.

Analyse. — $C_7H_4S_4$, calculé %, C 38,86; H 1,86; trouvé %; C 39,19; 39,42; H 2,14; 2,19.

α-Thiénoylacétate d'éthyle. — On condense l'α-thiénoate d'éthyle sur un excès d'acétate d'éthyle en présence de sodium. On chauffe à reflux pendant 7 h, on laisse refroidir, et l'on reprend par de l'éther anhydre. Le dérivé sodé est essoré, puis dissous dans de l'eau glacée. On acidifie par de l'acide chlorhydrique, on extrait à l'éther. La solution éthérée, séchée sur chlorure de calcium, est distillée. L'ester cétonique désiré bout à 135-140° sous 3-4 mm. Rdt par rapport au thiénoate : 30 %. L'ester distillé se solidifie par refroidissement. Par recristallisation dans l'éther, on obtient des cristaux fondant à 24°.

Analyse. — $C_9H_{10}O_3S$, calculé %, C 54,53; H 5,08; trouvé %, C 54,56; 54,50; H 5,19, 5,10.

Sulfuration de l'α-thiénoylacétate d'éthyle. — On fait agir le pentasulfure de phosphore suivant les indications de ([3]). On obtient ainsi de l'α-thiényl-5 dithiole-1.2 thione-3 fondant à 130°, ne donnant aucune dépression de la température de fusion par mélange avec le produit provenant de l'α-thiényl-1 propène.

α-Thiényl-2 propène. — Préparé par action de l'α-acétothiénone sur le bromure de méthyl magnésium, et déshydratation de l'alcool formé, par le bisulfate de potassium. L'α-thiényl-2 propène bout à 60-61° sous 15 mm; n_D^{24} 1,5605.

Plusieurs essais de sulfuration ont été effectués, mais il ne fut pas possible d'isoler de dithiole-thione.

α-Thiényl-2 butène-2. — Préparé par action de l'α-acétothiénone sur le bromure d'éthyl-magnésium, et déshydratation, à l'aide de bisulfate de potassium, de l'alcool obtenu.

L'α-thiényl-2 butène-2 bout à 85-88° sous 15 mm; n_D^{23} 1,5648. Ici également, les essais de sulfuration en dithiole-thione se sont révélés infructueux.

GÉOLOGIE. — *A propos de la région de Batna : définition d'un style tectonique lié à la montée verticale des horsts.* Note (*) de MM. **Jacques Bertraneu, Jules Glaçon** et **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

A partir d'observations faites sur un horst dont la présence donne lieu à des variations de faciès du Jurassique, les auteurs décrivent des accidents, anticlinaux ou extrusions, occasionnés par la remontée verticale des horsts, et proposent de leur appliquer le nom d'*accidents flanquants*.

Une Note récente [1] a signalé les importantes variations de faciès du Jurassique dans la région située au Nord de Batna : mince et néritique dans le massif de la Mestaoua notamment, il est bathyal et puissant dans les chaînons du Bélezma au Sud-Est, du Talrempt et du Bou Thaleb à l'Ouest.

Nous proposons d'appeler « horst de la Mestaoua » la zone à tendance positive, responsable de cette disposition. Ce horst de la Mestaoua occupe l'extrémité de l' « Axe Edough-Belezma » défini par D. Reyre, axe de surélévation qui, jusqu'au Campanien, présente des séries relativement peu épaisses [2]. D'autre part, la présence de ce horst va nous permettre de proposer une explication mécanique à une curieuse disposition du Bélezma et du Talrempt.

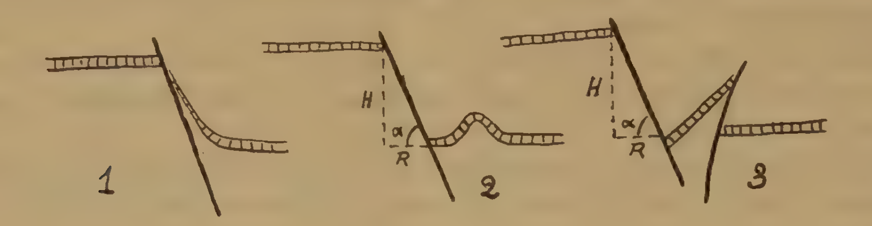
Le Bélezma est essentiellement une lame de Lias rigide presque verticale à pendage Nord-Ouest, appuyée au Sud-Est contre du Valanginien, le long d'une faille inverse à pendage Nord-Ouest de quelque 70°. Toute la série jurassique, puis crétacée, repose normalement sur ce Lias. Nulle charnière n'est visible, si ce n'est, dans le Crétacé, aux deux terminaisons

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) G. Durozoy, J. Glaçon et L. Lessard, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1795.

(2) Communication de la Société Nationale de recherche et d'exploitation des pétroles de l'Algérie au Congrès du Pétrole de Taormina (sous presse).

périclinales. Le Talrempt, le Debah et le Bou Thaleb ont une structure identique, mais symétrique de la première, le pendage du Lias rigide et de la faille inverse se faisant vers le Sud-Est, la série jurassique et crétacée reposant sur le Lias au Sud-Est de celui-ci et non au Nord-Ouest.



Supposons un horst limité au Sud-Est et au Nord-Ouest par des failles directes plongeant d'un angle α respectivement au Sud-Est et au Nord-Ouest, et considérons ce qui se passe dans le cas d'une *montée verticale* (H) du horst. Le cas banal est celui où, de part et d'autre, se produit une flexure plus ou moins étirée (cas n° 1 de la figure ci-jointe). Mais si, en raison de variations de faciès par exemple, il existe une solution de continuité entre les séries du horst et celles qui l'entourent, la cassure ne se traduira pas de la même façon. Les séries externes, détachées, seront refoulées vers l'extérieur d'une quantité $R = H/\text{tg}\,\alpha$; elles pourront réagir de deux façons : ou bien elles se plisseront, formant un anticlinal de part et d'autre du horst (cas n° 2), ou bien elles feront saillie en donnant une « lame de percement » extrusive, et chevaucheront les terrains situés à l'extérieur, le long d'une faille *inverse*, à pendage contraire à celui de la faille voisine du horst (cas n° 3).

Naturellement, tous les intermédiaires entre 2 et 3 peuvent être réalisés.

A l'appui de ces vues théoriques, voici deux observations précises : la *zone surélevée de Ghar Rouban*, à la frontière algéro-marocaine [3], est par exemple, flanquée au Nord-Ouest par l'anticlinal du Dj. Hamra Kt. ez Zerga, au Sud-Est par celui Dj. Tenouctifi-Sebdou, à l'Est, où, également, la zone surélevée s'arrête brusquement, par le pli croiseur des Beni Bahdel : le cas de la figure 2 est parfaitement réalisé.

Le Bélezma et le Talrempt, flanquant de part et d'autre le horst de la Mestaoua, répondent au cas de la figure 3 avec une précision qui vaut démonstration.

Nous proposons pour ce style tectonique particulier, le qualificatif de « flanquant » : anticlinaux flanquants, extrusions flanquantes.

Dès maintenant, nous estimons que de nombreux cas de tectonique extrusive, en Algérie, seront susceptibles d'être expliqués de cette façon.

---

(3) G. Lucas, *Bull. Serv. Cart. Géol. Algérie*, 2e série, n° 16, 1942.

GÉOLOGIE. — *Inversion dans la tectogénèse des Pennides.*
Note de M. **André Amstutz**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Ce qui caractérise les théories édifiées depuis une quarantaine d'années pour expliquer la structure et la genèse des Alpes occidentales, c'est d'une part le déversement généralisé des nappes penniques vers l'avant-pays, et d'autre part l'enracinement collectif de ces nappes dans une « zone des racines » où, amincies par de vigoureuses compressions entre des mâchoires, ces racines auraient été finalement renversées par une sous-poussée de l'arrière-pays. Des mouvements secondaires tardifs par rapport au déversement méthodique des six grandes nappes penniques, des involutions et des plis dits en retour, ont été, en outre, imaginés pour inclure dans ce cadre, pour greffer dans ce système, les déversements vers l'intérieur de l'arc alpin que l'on observe en certaines zones penniques.

A cette conception classique, dont je me suis dégagé en 1947, j'ai opposé des notions toutes différentes et nouvelles, que j'ai définies en quelques Notes préliminaires parues dans les « Archives des sciences » (Genève) en 1949, 1950 et 1951. Ces notions résultent de l'effort d'objectivité auquel je me suis astreint lorsqu'en 1947 j'ai repris un travail interrompu par la guerre; et ce sont quelques-unes d'entre elles qui me paraissent devoir être ici brièvement exposées.

1. Les recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose que l'on observe des Alpes cottiennes à l'Ossola, représentent à mon sens les premiers grands mouvements de la tectogénèse alpine. Les attribuer, comme on l'a fait jusqu'à présent, à l'involution finale (au coup de charrue, a-t-on dit aussi) d'une prétendue nappe Mont-Rose dans des masses Saint-Bernard, me paraît être une erreur contre nature, car les digitations qui s'étagent sur le flanc septentrional du Grand-Paradis ont une allure isoclinale, non comprimée transversalement, qui témoigne de l'impossibilité mécanique d'une telle genèse. Comme, d'autre part, on n'a jamais signalé ou conçu sérieusement d'éléments Dent-Blanche coincés entre Saint-Bernard et Mont-Rose, et que des phénomènes de retroussement dus au cheminement du complexe Dent-Blanche apparaissent dans les masses Saint-Bernard surmontant le flanc nord de la coupole Grand-Paradis, on est bien amené à conclure, comme je le notais le 17 février 1949, que « les parties arrières du géanticlinal briançonnais se sont vraisemblablement déversées sur le bord du sillon piémontais avant qu'elles ne soient chevauchées par le complexe Dent-Blanche ».

Des arguments qui corroborent cette façon de voir me sont ensuite apparus dans la théorie de A. Rittmann sur les causes thermodynamiques de la naissance et de l'évolution des géosynclinaux. Il y a, en effet, tout lieu

de penser qu'un géosynclinal dérive surtout d'un courant subcrustal dirigé vers l'avant-pays, et que ce courant de convection crée par compression du magma une surrection de cet avant-pays en même temps qu'une dépression sous le géosynclinal. Or, dans la zone de passage graduel qui doit exister entre le sima et le magma sous-jacent, il doit sans doute se produire dans ces conditions des entraînements par adhérence; et l'on doit bien se dire que certaines parties profondes du géosynclinal alpin ont dû être entraînées par le courant subcrustal et s'enfiler obliquement sous l'avant-pays, en créant d'importantes translations et des cisaillements au travers de la croûte terrestre qui se sont traduits tout naturellement dans les zones superficielles par les recouvrements Saint-Bernard/Mont-Rose considérés ci-dessus.

Ainsi peuvent donc se comprendre d'une manière logique et simple les liens de cause à effet qui ont vraisemblablement eu lieu entre ces phénomènes de surface et ceux dont on peut présumer l'existence en profondeur, et ainsi peut s'expliquer aisément cette série de déversements des Pennides, que l'on s'est évertué jusqu'à présent, d'une manière générale, à considérer comme tardifs, postérieurs au flux principal des classiques nappes penniques.

2. Ce n'est qu'après cette « première phase tectogène » que de nouvelles contractions tangentielles ont été vraisemblablement accompagnées d'une certaine élévation de zones géosynclinales proches de l'arrière-pays, et qu'il est résulté de cette conjonction de mouvements verticaux et horizontaux le déclenchement des grands déversements du complexe Dent-Blanche et des nappes similaires des Grisons. Naturellement, au début surtout, cette « seconde phase » s'est vraisemblablement faite avec des subductions [1] en sens inverse de celles que nous avons envisagées ci-dessus, la zone Mont-Rose-Grand-Paradis s'enfilant partiellement sous des masses Sesia, et celles-ci étant amenées par des poussées *a retro* à des niveaux d'autant supérieurs. Tandis qu'ensuite seulement la gravité a vraisemblablement joué le rôle principal dans le cheminement des masses Dent-Blanche, Emilius et M. Mary, les détachant probablement de leur zone d'origine lors de la surrection de la zone Mont-Rose et leur permettant peut-être d'entraîner au passage des pointements ou protubérances gneissiques et granitiques de cette zone.

Le soulèvement de la zone Saint-Bernard, qui paraît avoir immédiatement suivi celui de la zone Mont-Rose et qui a dû provoquer encore des décollements et glissements de schistes lustrés, puis le soulèvement du sillon dauphinois-valaisan et l'écoulement consécutif des masses aujourd'hui préalpines vers le côté demeuré en contre-bas, ont naturellement ajouté leurs effets

---

[1] Ce mot n'est-il pas préférable à celui de sous-charriage ?

superficiels à ceux de la « seconde phase tectogène ». Ces divers effets sont évidemment ce qu'il y a aujourd'hui de plus clairement marqué dans les Alpes, et l'on comprend, en contemplant leur ampleur et tout ce qu'il y a d'unilatéral dans leurs déversements, qu'ils ont pu masquer pendant si longtemps et l'importance et le caractère spatial et chronologique des déformations de la « première phase tectogène ».

GÉOLOGIE. — *Signification du Horst de Ligugé dans la tectonique superposée du Détroit poitevin.* Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La révision récente des contours de la feuille de Bressuire, dans le canton de Saint-Varent (Deux-Sèvres), m'a montré la même série de roches éruptives que celle connue (1) déjà dans la région d'Argenton-Château, située plus au Nord-Ouest, à savoir orthophyres d'âge cambrien ou silurien, massif de microdiorite, l'ensemble recoupé par de nombreux filons de la granulite rose de Thouars. Les anciennes coulées d'orthophyres noirs métamorphiques présentent un pendage 45° Sud-Ouest (à l'est de la gare de Saint-Varent), comme les schistes briovériens de Glénay. Cette bande briovérienne est traversée entre Saint-Loup-sur-Thouet et Airvault par la vallée du Thouet, dont la coupure d'érosion montre une allure synclinale de ces schistes (2). La régularité structurale des régions de roches éruptives du Nord du département des Deux-Sèvres, malgré les intrusions des granites carbonifères, nous incite à rechercher la tectonique profonde de l'isthme du Poitou. La bande du Briovérien de Glénay a été touchée à 90 m de profondeur sous le bourg de Thenezay (forage du Grand-Veault), tandis que, dans la granitite à biotite à grain fin du Pont Aubert à 4 km à l'Ouest de Latillé (Vienne), on peut reconnaître la bande du granite des Aubiers (Deux-Sèvres). Ces extrapolations au Sud-Est des limites du Massif armoricain se font suivant une remarquable direction sud-armoricaine passant à une direction plus méridienne aux environs de Parthenay. Il en résulte que les affleurements primaires du horst de Ligugé, s'échelonnant sur plus de 2 km depuis la faille de Moulin au Nord jusqu'à Port Séguin au Sud, doivent correspondre à la série cristallophyllienne et éruptive du Choletais. Les roches de Ligugé sont en effet très variées : au Nord entre Smarves et Moulin, c'est une *porphyroïde* et des roches cornées rappelant certains aspects des coulées métamorphiques de Trémentines (Maine-et-Loire). La granulite gneissique classique de la tranchée de la voie ferrée Paris-

(1) *Thèse Sciences*, Lille, 1937, p. 144, *fig.* 33.

(2) G. Mathieu, *Bull. Serv. Carte géologique France*, 47, n° 225, 1949, p. 79.

Bordeaux représenterait les gneiss de la Tessouelle et de Saint-Christophe, au Sud de Cholet, tandis que la granitite à biotite de Port-Séguin appartient à la bande de granite de Clisson, Torfou-Tiffanges, les Aubiers, Latillé. Donc la granulite de Ligugé ne fait nullement partie de la bande de Bressuire-Parthenay.

Tous les synclinaux de l'Anjou passent donc bien sous le Jurassique du Détroit poitevin ou le Crétacé au Nord de Poitiers. Cela confirme l'opinion déjà avancée que le sillon houiller d'Ahun (3) dans la Creuse n'est autre que le sillon du Layon, c'est-à-dire le synclinal d'Ancenis.

Il apparaît ainsi que la tectonique profonde du Poitou est bien de structure sud-armoricaine et l'on connaît des cas remarquables dans le Jurassique du Poitou de Tectonique superposée. Par exemple le horst de Montalembert coiffe l'anticlinal gneissique les Essarts-Mervent. Cependant les ondulations des calcaires jurassiques, ondulations légères, mais régulières, ne procèdent pas toujours suivant la direction Nord-Ouest-Sud-Est de Vendée. Au Nord de Ligugé, le Dogger donne une ligne synclinale passant par Croutelle, suivie au Nord d'un anticlinal passant par Saint-Benoît. Ces plis d'ailleurs très doux paraissent plutôt allongés Est-Ouest et s'observent au Sud de Montreuil-Bonnin.

On pourrait donc admettre deux systèmes d'ondes dans le Jurassique du Détroit poitevin : les grandes dislocations sud-armoricaines étudiées par Ph. Glangeaud (4) et J. Welsch (5) et les plissements de moindre amplitude de direction Est-Ouest, non décrits. On conçoit que la rigidité des gros filons de quartz, tels que celui de Chatillon-sur-Sèvre, Bressuire, Parthenay, provoque des déchirures du Secondaire dans un mouvement posthume : failles de Vasles, Lusignan, Champagné-Saint-Hilaire (Vienne), puis de la Brunetière (limite Vienne et Charente). C'est de l'importance du pli du socle que dépendra le parfait ajustement dans la Tectonique superposée. A Ligugé précisément, les failles sont de rejet faible (40 m au maximum), contre 100-120 m à Vasles. Nous savons que les grandes dislocations sud-armoricaines sont datées comme pliocènes, parce qu'elles dénivellent les faluns du Redonien, et M. A. Guilcher (6) a décrit la jeunesse du relief de faille au-dessus des Herbiers (sillon de Bretagne prolongé). Les ondulations au sein du Jurassique par contre peuvent être plus anciennes, d'âge andin par exemple. Ainsi, j'ai eu la preuve récemment que sous les dômes anticlinaux affectant le Périgord en direction vendéenne, dôme de

(3) G. Mathieu, *Houille, Minerais, Pétrole*, 1946, p. 157, *fig.* 1.

(4) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 7, n° 50, 1895.

(5) Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France en Poitou (*Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3, fasc. 7, 1903).

(6) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 381.

Mareuil-sur-Belle et la Tour Blanche, le Jurassique forme des horst et graben d'allongement Est-Ouest. Tout le Secondaire du bord Nord du Bassin aquitain serait soumis à cette double règle tectonique. Ainsi les failles qui affectent le contact Jurassique-Primaire à Nontron, Excideuil et Terrasson sont beaucoup plus Est-Ouest que les axes classiques du Périgord intéressant le Crétacé. De même les failles de Ligugé sont Est-Ouest dans un ensemble sud-armoricain.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le saccharose et le Maïs hybride.* Note de MM. **Jules Carles, Louis Soubiès, Roger Gadet** et **Pierre Maury**, présentée par M. Raoul Combes.

La quantité de glucides augmente jusqu'à doubler dans les hybrides de Maïs : cette augmentation se fait surtout en faveur du saccharose.

Le Maïs est riche en glucides (glucose, fructose et saccharose) qu'il condense en amidon dans ses grains dont le poids représente à maturité la moitié environ de la substance sèche de la plante (¹). Une exception est à signaler parmi les types analysés, la lignée pure M^{13} dont les grains atteignent à peine 37 % du poids total : elle est légèrement pathologique. Sur le même terrain que les autres, ce type est moins riche en azote et cette pauvreté détermine une mauvaise utilisation des glucides par la tige et les grains, au profit de la racine qui s'hypertrophie.

Tous les types de Maïs atteignent dès la floraison leur poids définitif global, mais avec une forte teneur en eau : la maturation verra croître le poids sec aux dépens de l'eau.

Les feuilles sont les premiers organes à atteindre leur taille définitive. La plus importante est ordinairement celle de l'épi femelle, autour de laquelle décroissent progressivement les autres; elle gardera son activité physiologique, alors que les feuilles des extrémités seront déjà presque sèches.

L'entre-nœud le plus volumineux est ordinairement le troisième au-dessous de la feuille la plus importante, et ceci semble lié au cheminement dans la tige et les nœuds des vaisseaux foliaires qui traversent deux ou trois entre-nœuds avant de s'anastomoser avec les vaisseaux de la tige. Si l'on pèse les entre-nœuds d'un pied de Maïs, ces poids forment une courbe à peu près régulière, sinon symétrique. La répartition des glucides se modèle à peu près sur cette courbe, non pas seulement en quantité, mais en pourcentage, de telle sorte que l'entre-nœud le plus lourd se caractérise par le pourcentage de glucides le plus élevé. Mais l'épi femelle intervient, ainsi que les difficultés

(¹) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 979.

de circulation : il s'ensuit une courbe à trois maxima et trois minima caractéristique du Maïs.

Voici, par exemple, pour une tige presque mûre de « Millette du Lauraguais » qui portait un épi femelle entre le 7e et le 8e entre-nœud, le poids de chaque entre-nœud en partant de la base, avec la proportion de glucides solubles et de saccharose contenus dans sa portion centrale.

	Poids sec (g).	Glucides sol. (%).	Saccharose. (%).		Poids sec (g).	Glucides sol. (%).	Saccharose. (%).
1er.....	21,5	4,15	3,90	8^e....	21,5	2,25	1,55
2e.....	43,0	4,05	3,72	9e....	14,5	3,24	2,25
3e.....	55,5	4,30	4,0	10e....	6,5	2,35	2,0
4e.....	53,0	3,95	3,2	11e....	3,5	1,1	0,68
5e.....	42,5	3,60	3,15	12e....	1,6	1,2	0,55
6e.....	43,0	3,60	3,16	13e....	1,0	1,32	0,27
7e.....	36,5	3,20	2,65				

La teneur en glucides augmente à partir de la base jusqu'à l'entre-nœud le plus gros où se localise finalement le maximum absolu (nous laissons pour le moment de côté le léger surplus de la base). L'épi femelle draine les glucides et détermine un minimum. Au-dessus de lui, la teneur glucidique remonte légèrement pour baisser encore vers un troisième minimum qui ne laisse au-dessus de lui que deux ou trois entre-nœuds. Dans ces entre-nœuds terminaux, les glucides augmentent à nouveau : cet accroissement ne concerne pas le saccharose, mais les seuls oses.

Et ceci nous révèle une migration sélective du saccharose, car ce glucide se localise dans les vaisseaux du Maïs. La preuve en est sa présence à peu près exclusive dans les nœuds sitôt qu'ils ont cessé de se construire (les nœuds sont constitués par les croisements et anastomoses des vaisseaux). On pourrait dire que le Maïs utilise les oses pour vivre; le saccharose pour le transport et l'amidon pour le stockage.

Après une belle journée, la migration nocturne affecte pratiquement le seul saccharose : le sommet du limbe perd 40 à 50 % de son saccharose, et cette migration vers la tige est si rapide que la gaine même est plus pauvre le matin que le soir. Le saccharose est donc pour le Maïs un glucide fondamental. Or, le résultat le plus net de l'hybridation est de faire augmenter sa proportion globale.

Pour avoir une idée d'ensemble, considérons dans les pieds mûrs la proportion de saccharose par rapport aux glucides solubles. Comparons la moyenne de quatre lignées pures (M^{13}, W^9, 374, 153) avec la moyenne des deux hydrides qu'on a tirés d'elles ($M^{13} \times W^9$) et (374×153), et avec l'hybride double W^{416} issu du croisement des deux hybrides précédents. Les cinq premières colonnes donnent le pourcentage du saccharose par rapport à

l'ensemble des glucides solubles, la sixième le poids total moyen de ces glucides pour un pied et la dernière le poids total moyen de l'amidon.

	Racines.	Tiges.	Feuilles.	Rafle.	Grains.	Glucides solubles (g).	Amidon (g).
Lignées pures.....	35	47	36	24	70	3,5	55
Hybrides simples...	55	64	54	46	75	6,7	92
Hybride double....	64	65	81	67	88	12,3	106

L'hybridation augmente considérablement l'amidon et les glucides solubles. Le saccharose surtout profite de cette dernière augmentation, mais il nous reste à préciser si elle provient surtout d'une synthèse plus active ou d'une migration ralentie. N'oublions pas non plus que tous ces hybrides sont de première génération et qu'il faudra distinguer ce qui revient à l'hybridation de la part spéciale de l'hétérosis.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action mitoclasique du colchicoside, comparée à celle de la colchicine.* Note (*) de MM. **Marcel Mascré** et **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

Le colchicoside est un hétéroside de la desméthylcolchicine. Il exerce une action mitoclasique identique à celle de la colchicine, mais beaucoup moins intense. Son action tuméfiante se manifeste encore pour des concentrations non mitoclasiques.

Le colchicoside a été isolé tout récemment des graines du *Colchicum autumnale* L. par M. P. Bellet [1]. C'est un hétéroside constitué par l'union d'une molécule de glucose et d'une molécule de desméthylcolchicine [= « corps C » de Santavy et Reichstein [2]]. Nous avons voulu rechercher si cette substance exerçait les mêmes effets mitoclasiques et tuméfiants que la colchicine.

Nous avons opéré sur les racines d'*Allium Cepa* L., dans les conditions qui nous sont habituelles [3]. Les solutions de colchicoside ont été choisies de façon à réaliser un titre en desméthylcochicine identique au titre en colchicine des solutions témoins, soit 1,45 de colchicoside pour 1 de colchicine. Les diverses concentrations mises en expérience vont de la concentration seuil à la concentration exerçant un effet mitoclasique maximum, en dehors de toute action léthale.

1° Nous avons comparé l'action d'une solution de colchicine à 0,005 %

(*) Séance du 28 avril 1952.

(1) *Ann. pharm. fr.*, **10**, 1952, p. 81.

(2) *Helv. chem. Acta*, **33**, 1950, p. 1606.

(3) *Bull. Soc. bot. Fr.*, **91**, 1944, p. 206.

(seuil), à celle d'une solution de colchicoside à 0,007 %. Avec la colchicine, on observe la tuméfaction en chapelet des racines ([4]) après 2 à 3 jours; une action mitoclasique modérée ne se manifeste qu'après 4 à 5 jours. Le colchicoside ne provoque, dans ces conditions, ni tuméfaction, ni troubles mitotiques; il ralentit seulement légèrement l'allongement des racines.

2° La comparaison porte ici sur une solution de colchicine à 0,02 % et sur une solution de colchicoside à 0,029 %. Avec la colchicine, la tuméfaction apparaît dans les 24 h et l'action stathmocinétisante est totale en quelques heures. Avec le colchicoside, la tuméfaction n'apparaît qu'après 4 jours. On constate qu'il exerce une action mitodépressive se traduisant par la diminution du nombre des prophases et des télophases, et une action mitoclasique discrète (les hémicinèses se rencontrent chez 10 % environ des ana- et des télophases; les stathmocinèses chez 10 % à 25 % des métaphases). Mais, au cours de ces expériences, nous avons constaté que les solutions de colchicoside se coloraient peu à peu en jaune de plus en plus intense; elles donnent alors avec l'acide nitrique une coloration analogue à celle que donnent avec ce réactif la colchicine ou la desméthylcolchicine; il y avait donc, au cours de l'expérience, hydrolyse de l'hétéroside. Comparant des solutions récentes (renouvelées) à des solutions anciennes, nous avons observé, dans ce dernier cas, une apparition plus précoce de la tuméfaction, sans augmentation de l'effet mitoclasique.

3° Nous avons fait agir comparativement une solution de colchicine à 0,20 % et une solution de colchicoside à 0,29 %. L'action de la colchicine est évidemment maximum. Sous l'influence du colchicoside la tuméfaction n'apparaît encore que le troisième jour. L'action mitoclasique n'apparaît qu'après 3 jours, elle est alors assez importante (les stathmocinèses représentent, dans une préparation, 78 % de l'ensemble des méta-, ana- et télophases, les hémicinèses, 12 % de l'ensemble des ana- et télophases). Pour éviter la cause d'erreur due à l'altération possible des solutions, signalée plus haut, nous avons pris soin, ici, de renouveler chaque jour ces solutions.

4° Nous avons fait agir sur les racines d'*Allium*, une solution de colchicoside à 1 %. La tuméfaction, très nette, apparaît avant 48 h. L'action mitoclasique est très intense dès les premières heures; l'action stathmocinétisante est rapidement totale. Elle est itérative. En somme, l'action est alors identique à celle qu'exerce une solution de colchicine à 0,025 % par exemple.

([4]) G. Deysson, *Thèse Doct. Pharm.* (État), Paris, 1948.

Conclusions. — Le colchicoside exerce, sur les racines d'*Allium Cepa* L. une action mitoclasique et tuméfiante de même nature que celle de la colchicine, mais à des concentrations au moins 50 fois plus élevées. Si l'on étudie l'influence de concentrations régulièrement décroissantes, on constate que, contrairement à ce qui se produit avec la colchicine, l'action tuméfiante persiste longtemps après la disparition de l'action mitoclasique. Nous comparons actuellement l'action du colchicoside à celle de son aglucone : la desméthylcolchicine.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'ontogénie des collenchymes chez les Dicotylédones.* Note de M. **Albert Duchaigne**, présentée par M. Paul Becquerel.

La collenchymatisation provoque le comblement progressif des méats préexistants par croissance centrifuge de la membrane et s'oppose à la différenciation des lamelles moyennes; il y a hypertrophie de la membrane primaire, en partie ou en totalité, mais il ne se forme pas de membrane secondaire.

L'épaississement de la membrane végétale s'effectue suivant deux modes différents, l'un centripète, réalisé par exemple dans les collenchymes et les sclérenchymes, l'autre centrifuge, très rare chez les Phanérogames où il ne s'observe guère que dans les grains de pollen ([1]), ([2]). Telle est la conception classique; cependant, l'ontogénie des collenchymes n'ayant pas encore été décrite avec toute la précision nécessaire, nous avons entrepris son étude chez les Dicotylédones.

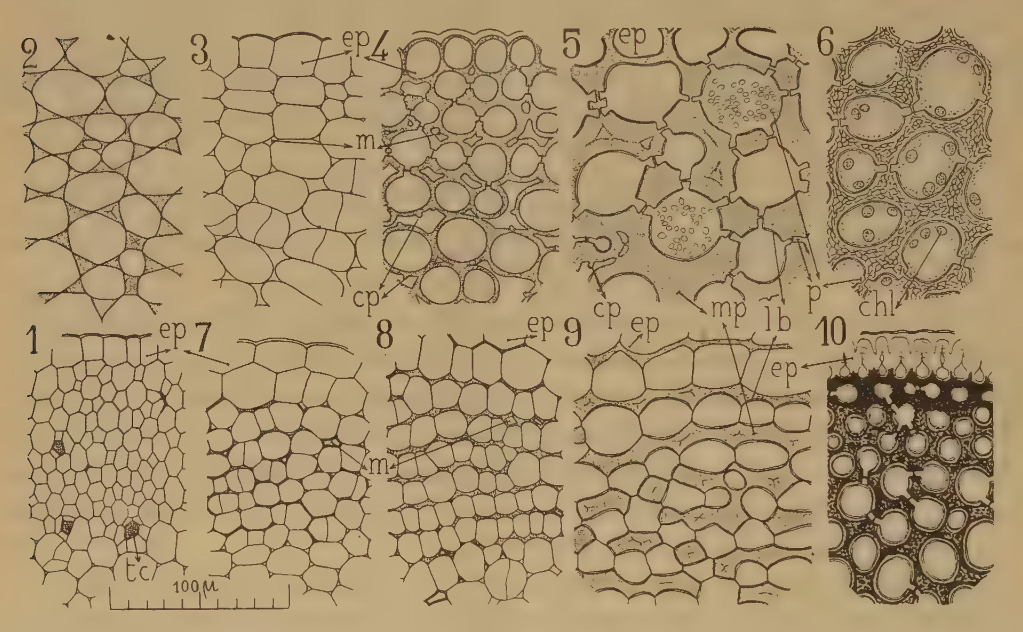
En réalité, la croissance en épaisseur de la membrane des collocytes n'est pas aussi simple qu'on le croyait; elle comporte deux cas selon l'origine du tissu. Dans le premier, le collenchyme provient d'un méristème sans méats; l'épaississement est nettement centripète comme on peut l'observer dans la tige des Courges (*fig.* 1 et 2). Dans le second cas, plus répandu, il provient d'un méristème à méats ou même d'un véritable parenchyme ordinaire; la croissance de la membrane est alors non seulement centripète, mais aussi centrifuge, contrairement à l'opinion classique. Nous avons, en effet, constaté le comblement progressif des méats préexistants dans les familles les plus diverses (*fig.* 3 à 5, 7 à 9) :

Magnoliacées (*Magnolia grandiflora* L., pétiole). Renonculacées (*Helleborus fœtidus* L., pétiole). Ilicacées (*ilex Aquifolium* L., nervure médiane). Araliacées (*Hedera Helix* L., pétiole). Cornacées (*Aucuba japonica* Thunb., pétiole). Apocynacées (*Nerium Oleander* L., nervure médiane). Solanacées (*Atropa Belladona* L., tige et pétiole). Labiées (*Ballota fœtida* Lam., tige). Caprifoliacées (*Sambricus nigra* L., tige). Moracées (*Ficus elastica* Roxb., pétiole et nervure médiane). Aristolochiacées (*Aristolochia clematitis* L., tige), etc.

([1]) H. Molisch, *Anatomie der Pflanze*, Iena, 1927, p. 38.

([2]) P. Dangeard, *Cytologie végétale et cytologie générale*, Paris, 1947, p. 547.

Lorsque la croissance centrifuge de la membrane intéresse de grands méats ou même de véritables lacunes, elle s'accompagne souvent d'une poussée de crêtes pecto-cellulosiques faisant saillie à l'intérieur du méat ou de la lacune (cp, *fig.* 4 et 5). Un tel processus confirme l'hypothèse de Guilliermond, Mangenot et Plantefol, qui pensent qu' « un collenchyme typique peut être interprété comme un parenchyme dont les méats seraient comblés par une matière celluloso-pectique solide » ([3]).



Ontogénie des collenchymes. — 1, 2, type angulaire, tige de *Cucurbita pepo;* 3, 4, 5, type annulaire, pétiole d'*Aucuba japonica*, avec observation vitale; 6, 7, 8, 9, type tangentiel, tige de *Sambucus nigra;* 10, feuille de *Nerium Oleander* après coloration des composés pectiques; ep, épiderme; m, méat; mp, membrane primaire; cp, crête pectique; lb, lamelle bordante; p, ponctuation; chl, chloroplaste; tc, tube criblé.

D'autre part, il ne se forme pas de véritables lamelles moyennes distinctes; nous pensons, avec Dauphiné ([4]), que la paroi des collocytes est une membrane primaire hypertrophiée. Les composés pectiques s'accumulent suivant une large bande mitoyenne de plus en plus épaisse, uniformément colorée par le rouge de ruthénium au début de la croissance, présentant ensuite des marbrures plus ou moins nettes (*fig.* 10). Cette bande, dont les limites demeurent assez vagues, constitue la majeure partie de la paroi; elle se continue, du côté de la cavité cellulaire, par une zone moins étendue, cellulosique, colorable par la benzoazurine. La membrane primaire hyper-

---

([3]) *Traité de Cytologie végétale*, Paris, 1933, p. 998.

([4]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1046.

trophiée est enfin limitée par une mince lamelle bordante interne dépourvue de composés pectiques. Bien que non stratifiée, l'épaisse membrane des collocytes n'est cependant pas homogène; elle montre, surtout à l'observation vitale, une fine structure plus ou moins alvéolaire ou fibrillaire (*fig.* 6).

Outre les collenchymes angulaire (*fig.* 1 et 2) et annulaire (*fig.* 3 à 6), il y a lieu de distinguer un troisième type que nous proposons d'appeler collenchyme tangentiel (tige de Sureau par exemple, *fig.* 7 à 9); l'épaississement, limité aux faces tangentielles, respecte les faces radiales; c'est le « Plattenkollenchym » de Carl Müller [5]; on n'en parle pas dans les traités français. Le collenchyme annulaire présente enfin un riche système de ponctuations qui n'avait pas encore été décrit. Ce sont généralement de larges et profondes ponctuations, plus ou moins cylindriques (p, *fig.* 5, 6 et 10) se correspondant de collocyte à collocyte et n'épargnant, entre deux cellules adjacentes, qu'une mince lamelle pectique; ainsi l'épaisseur considérable de la paroi ne gêne en rien les échanges intercellulaires.

En conclusion, la collenchymatisation tend à abolir les limites entre les cellules voisines et diffère ainsi essentiellement de la lignification et de la fibrogénèse qui accusent ces limites en faisant apparaître lamelles moyennes et méats; de même, elle hypertrophie la membrane primaire et inhibe la formation d'une membrane secondaire, alors que la lignification et la fibrogénèse doublent la membrane primaire toujours mince d'une épaisse membrane secondaire.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Borofluorhydrates d'alcaloïdes*. Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

E. Wilke-Dörfurt et G. Balz [1] ont, en 1927, dégagé les analogies réactionnelles de l'acide perchlorique ClO_4H et de l'acide borofluorhydrique ou fluoborique BF_4H et montré tout le parti que l'on pouvait tirer de l'emploi de ce dernier acide principalement pour la caractérisation et l'isolement, sans danger, des composés diazonium. Chemin faisant, les auteurs allemands ont préparé quelques combinaisons, peu solubles dans l'eau, de bases organiques et en particulier d'alcaloïdes : brucine, strychnine, morphine, cocaïne; les quatre produits obtenus répondent à une formule du type : alcaloïde, BF_4H. La méthode suivie consistait à traiter le sel d'alcaloïde (acétate ou chlorhydrate) par une solution aqueuse de BF_4H en présence d'acétate d'ammonium ; dans ces conditions la combinaison avec la quinidine n'a pu être séparée.

---

(5) *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.*, 8, 1890, p. 150.

(1) *Ber. d. deutsch. Chem. Ges.*, 60, 1927, p. 115-118.

Appliquant à l'acide borofluorhydrique, la technique qui nous a permis d'obtenir de nombreuses combinaisons alcaloïdiques cristallisées de SiF_6H_2 [2], ZrF_6H_2 [2], $NbOF_5H_2$ [3] et TiF_6H_2 [3], nous avons pu facilement préparer par double décomposition entre une solution aqueuse d'un sel d'alcaloïde (chlorhydrate ou sulfate) et une solution aqueuse de borofluorure de sodium en excès (ou de borofluorure d'ammonium), les sels cristallisés très peu solubles des alcaloïdes, dont nous donnons dans les tableaux suivants les formules et les analyses.

	Formule (*).	Trouvé %.			
		OH_2.	BF_4H.	N.	B(**)
Quinine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	A (B), 2 OH_2	8,00	19,22	6,25	72,38
Quinidine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	A (B)	0,2 (?)	20,90	6,71	77,77
Cinchonine $C_{19}H_{22}N_2O$	A (B), OH_2	4,43	21,51	6,96	73,12
Cinchonidine $C_{19}H_{22}N_2O$	A (B), OH_2	4,40	21,25	6,94	72,91
Strychnine $C_{21}H_{22}N_2O_2$	A (B), OH_2	4,02	19,51	6,30	75,23
Brucine $C_{23}H_{26}N_2O_4$	A (B), OH_2	3,53	17,31	5,50	77,43
Morphine $C_{17}H_{19}NO_3$	A (B), 2 OH_2	8,94	20,88	3,34	68,19
Codéine $C_{18}H_{21}NO_3$	A (B)	0,3 (?)	22,08	3,57	76,46
Corynanthine $C_{21}H_{26}N_2O_3$	A (B)	0	19,42	6,45	81,66
Corynanthéine $C_{22}H_{26}N_2O_3$	A (B), 3 OH_2	3,75	18,43	5,99	78,50
Spartéine $C_{15}H_{26}N_2$	A_2(B)	0	42,12	6,82	57,07
Tropacocaïne $C_{15}H_{19}NO_2$	A (B)	0	25,92	4,20	73,45

(*) A = BF_4H. (**) B = alcaloïde, calculé d'après le dosage d'azote.

	Calculé %.				
	OH_2.	BF_4H.	N.	B.	$[\alpha]_D$(*).
Quinine	8,03	19,59	6,25	72,38	— 159°
Quinidine	0	21,30	6,79	78,70	+ 205
Cinchonine	4,50	21,96	7,00	73,54	+ 160
Cinchonidine	4,50	21,96	7,00	73,54	— 110
Strychnine	4,09	19,96	6,36	75,95	— 26
Brucine	3,60	17,56	5,60	78,84	— 29
Morphine	8,80	21,47	3,42	69,73	— 93
Codéine	0	22,68	3,62	77,32	— 106
Corynanthine	0	19,86	6,33	80,14	— 76
Corynanthéine	3,82	18,59	5,93	77,59	+ 16
Spartéine	0	42,84	6,83	57,16	— 12
Tropacocaïne	0	26,37	4,21	73,63	0

(*) Trouvé en solution aqueuse à une concentration voisine de 0,5 % à 15°, ce qui représente la saturation pour les sels de quinidine et de strychnine.

En dépit de nombreuses tentatives de doser séparément le fluor et le bore, par différentes méthodes, nous avons dû renoncer à l'évaluation distincte de

(2) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 982 et 1402.

(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1152 et **229**, 1949, p. 69.

ces deux éléments, en raison de la dispersion irrégulière des valeurs obtenues. L'acide borofluorhydrique a été dosé pondéralement avec des résultats satisfaisants, à l'état de borofluorure de potassium insoluble.

L'eau correspond à la perte de poids, soit à l'étuve à 105°, soit à froid, en présence de O_5P_2, les deux procédés conduisant d'ailleurs à une excellente concordance.

La teneur en alcaloïde est calculée d'après un dosage d'azote total effectué en macrométhode selon Kjeldahl.

Les borofluorhydrates ici rapportés sont tous remarquablement cristallisés et peuvent être utilisés, au même titre que les fluosels antérieurement décrits, pour l'identification microcristalline des bases utilisées. Il faut retenir plus particulièrement le borofluorhydrate de spartéine et celui de tropacocaïne, tout en remarquant que, si ce dernier est facilement préparé, il a été impossible d'isoler le borofluorhydrate de cocaïne naturelle.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Rapports entre vitamine C et cellulose dans la Noix.* Note de MM. **Alexandre Damanski** et **Sava Stanimirovic**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les fonctions de la vitamine C chez les plantes ne sont pas encore bien établies. On ne sait pas si le rôle de cette vitamine est celui d'un catalyseur ou s'il est tout autre. Le fait que l'acide ascorbique est toujours en quantité plus ou moins grande dans les diverses parties du fruit en pleine période de développement laisse penser qu'il est un facteur essentiel de celui-ci.

Les variations des taux de vitamine C en cours de végétation [1], [2] nous ont conduits à rechercher s'il y a quelque rapport entre cette vitamine et quelque autre principe immédiat. Dans ce but, nous avons recherché quels rapports s'établissent entre vitamine et cellulose (brute) dans la Noix.

C'est dans le mésocarpe (partie du fruit qui se transforme en écale) que se trouve le plus de vitamine et de cellulose; au commencement, beaucoup de vitamine et peu de cellulose et l'inverse ensuite. Nos dosages de vitamine ont porté sur les organes ci-après mentionnés; ils ont été faits suivant la méthode Emmerie-van Eckelen [3]. La cellulose brute a été dosée suivant Scharrer-Kürschner [4]. Les titres se rapportent au matériel frais (échantillons analysés

---

(1) A. F. Damanski et M. Bakarcic, *Bull. Acad. serbe des Sciences*, 1, 1951, p. 163; A. F. Damanski et R. Topalovic-Avramov, *Ibid.*, 1, 1951, p. 129 et *Acta pharm. Jugosl.*, 1, 1951, p. 37; A. F. Damanski, R. Topalovic-Avramov et Z. Kasas, *Bull. Ac. serbe des Sciences*, 1, 1951, p. 155.

(2) C. Daglish, *Bioch. J.*, 49, 1951, p. 639.

(3) *Biochem. Zeits.*, 30, 1936, p. 25.

(4) *Biedermans Zentrabl. Tier-Ern.*, 3, 1931, p. 302.

une heure après les prélèvements faits sur la partie du noyer orientée vers le Nord-Est).

Épicarpe. Vitamine C (en mg pour 100 g).	*Épicarpe.* Cellulose brute (%).	*Mésocarpe.* Vitamine C (en mg pour 100 g).	*Mésocarpe.* Cellulose brute (%).
935	2	2000	0,67
908	2,2	1598	1,8
840	1,7	1452	2,26
795	2,1	1296	3,54
763	1,8	1285	3,9
336	1,9	976	6,9
192	2	285	8,1
180	2,3	95	16
		0	20,5

	Vitamine C (en mg pour 100 g).
Noyau (en cours de maturation)	38
Pellicule du noyau (id.)	30
Pédoncule du fruit (phase initiale)	244
» (fin de végétation)	85
Feuille (milieu de la période de végétation)	538

La vitamine C se trouve ainsi en proportion le plus considérable dans la partie du fruit qui deviendra l'écale. Tandis qu'elle atteint au début 2 000 mg pour 100 g, elle tombe à zéro après formation de l'écale, la cellulose atteignant son maximum au même stade.

La question se pose de savoir si la vitamine C sert effectivement à la formation de la cellulose dans l'écale. Le mécanisme de la formation de la cellulose pourrait s'exprimer ainsi :

$$nC_6H_8O_6 + 2nH \rightarrow (C_6H_{10}O_5)^n + nO$$

ou

$$C_6H_8O_6 + 4H \rightarrow (C_6H_{12}O_6).$$

D'après Daglish ([5]), il existe un parallélisme entre l'acide ascorbique et l'hydrojuglone au cours de la végétation ; l'hydrojuglone pourrait être le donateur d'hydrogène intervenant dans cette réduction. La naphtoquinone formée lors de la réduction de l'acide ascorbique servirait à la formation de la lignine.

Dans la feuille, comme dans l'épicarpe, il y a beaucoup de vitamine C au cours de la maturation du fruit, la cellulose restant pratiquement constante. La diminution de la vitamine C ne se précise franchement qu'à la fin de la période de végétation.

([5]) *Bioch. J.*, 47, 1950, p. 458-462.

D'après les rapports constatés entre vitamine C et cellulose au cours de la formation de l'écale, il semble que ce soit dans la feuille et dans l'épicarpe que se forme la vitamine, et c'est de là que se ferait le ravitaillement des autres parties de la plante et notamment du fruit.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la thyroïdectomie sur le sang et sur le poids des organes dans l'inanition protéique et dans un régime équilibré.* Note de MM. **Alexandre Aschkenasy** et **Philippe Pariente**, présentée par M. Robert Courrier.

L'un de nous ([1]) a déjà montré que l'anémie protéiprive est plus importante chez des rats mâles éthyroïdés que chez des rats intacts. Cette Note complète ces données par une étude de l'action de la thyroïdectomie sur la composition de la moelle osseuse et sur le poids de certains organes au cours de l'inanition protéique. Elle montre en outre qu'en régime riche en protéines, l'ablation de la thyroïde ne comporte presque aucun retentissement sur l'érythropoïèse.

25 rats ♂ de 45 jours (Wistar) de 120 g environ sont divisés en deux groupes : 15 rats dont 8 ont été thyro-parathyroïdectomisés une semaine avant le début du régime, sont mis à l'inanition protéique ([2]); 10 autres rats dont 5 thyro-parathyroïdectomisés, reçoivent un régime contenant 18 % de caséine mais analogue par ailleurs au régime précédent. Après 30 jours tous les rats sont sacrifiés et les poids des organes rapportés à 100 g de poids somatique. Le sang est examiné au début et à la fin, et la moelle osseuse fémorale à la fin de l'expérience.

Résultats. — 1. La thyroïdectomie n'influence pas la chute de *poids* dans l'inanition protéique : chute de 36,1 % chez les rats opérés contre 37,5 % chez les rats intacts. En revanche elle réduit considérablement l'utilisation pondérale des protéines alimentaires dans le régime à 18 % de caséine : augmentation de poids de 28,6 % seulement chez les rats opérés contre 79,5 % chez les rats intacts.

2. Contrairement à ses effets sur la croissance pondérale, l'action de la thyroïdectomie sur l'*hématopoïèse* est relativement peu accusée dans le régime bien pourvu en protéines alors qu'elle aggrave considérablement l'anémie de l'inanition protéique (tableau I).

([1]) A. Aschkenasy et P. Aschkenasy-Lelu, *Le Sang*, 20, 1949, p. 77.

([2]) Composition du régime (pour 100 g d'aliment sec) : saccharose, 79,3; dextrine, 10; huile d'arachide, 5; mélange salin d'Orent, 5,7; acide ascorbique, 2,5 cg; vitamine B_1, 1 mg; B_2, 2 mg; PP, 2 cg; B_6, 2 mg; pantothénate de Ca, 3 mg; inositol, 6 cg; biotine, 20 μg; vitamine E, 1 mg; vitamine K, 1 mg; vitamines A et D; chlorure de choline, 50 cg; acide ptéroylglutamique, 100 μg. Le tout dilué dans 50 % d'eau.

TABLEAU I.

Évolution comparée des érythrocytes et de l'hémoglobine (± erreur standard) chez des rats intacts et des rats thyroïdectomisés.

	Groupe.	Érythrocytes (× 10⁶). Début.	Érythrocytes (× 10⁶). Fin.	Variation (%).	Hémoglobine (g). Début.	Hémoglobine (g). Fin.	Variation (%).
Régime sans protéines.	Non opéré.	6,87 ± 0,26	6,54 ± 0,18	— 4,9	12,14 ± 0,37	10,13 ± 0,22	— 16,53
	Thyroïdectomisé.	7,01 ± 0,09	5,80 ± 0,42	— 17,3	12,99 ± 0,39	9,01 ± 0,80	— 30,63
18 % de protéines.	Non opéré.	6,55 ± 0,16	8,36 ± 0,25	+ 27,6	11,29 ± 0,41	14,01 ± 0,20	+ 24,1
	Thyroïdectomisé.	6,79 ± 0,10	8,76 ± 0,15	+ 29,1	11,44 ± 0,59	13,06 ± 0,29	+ 14,1

La leucopénie protéiprive n'est que peu modifiée. La moelle osseuse contient chez les rats thyroïdectomisés et privés de protéines une proportion de normoblastes orthochromatiques qui est presque le double de celle trouvée chez les rats intacts (50,4 % ± 3,9 contre 27,9 % ± 5,2) alors que les macroblastes ne sont pas influencés (12 % ± 0,8 contre 14 % ± 2,2).

3. La comparaison des *poids relatifs des organes* chez les rats intacts dans les régimes équilibré et protéiprive (tableau II) montre que l'inanition protéique, loin de provoquer une involution proportionnée des organes, se révèle être nocive surtout pour les organes lymphoïdes (rate et surtout thymus) alors qu'elle respecte relativement les reins, les testicules et surtout les surrénales.

TABLEAU II.

Poids relatifs des organes (pour 100 g *de poids somatique)*
chez des rats intacts et des rats thyroïdectomisés $\left(\pm E_s = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n(n-1)}}\right)$.

	Groupe.	Foie (g).	Rate (g).	Reins (g).	Testicules (g).	Surrénales (mg).	Thymus (mg).
Régime sans protéines.	Non opéré.	5,480 ± 0,240	0,296 ± 0,012	1,237 ± 0,047	1,372 ± 0,147	24,5 ± 1,8	27,3 ± 6,3
	Thyroïdectomisé.	5,491 ± 0,130	0,234 ± 0,014	1,009 ± 0,033	1,002 ± 0,138	26,3 ± 1,0	26,2 ± 3,8
18 % de protéines.	Non opéré.	5,671 ± 0,105	0,384 ± 0,066	1,052 ± 0,015	1,054 ± 0,018	17,2 ± 1,2	176,6 ± 8,8
	Thyroïdectomisé.	5,025 ± 0,235	0,318 ± 0,052	0,877 ± 0,030	1,415 ± 0,086	16,9 ± 1,1	162,2 ± 21,5

Chez les rats thyroïdectomisés on constate une accentuation de l'atrophie de la rate et des reins et moins constamment des testicules, alors que le foie et les surrénales ne sont presque pas influencés. Avec 18 % de caséine la thyroïdectomie détermine également une réduction relative de la rate et des reins et en outre une diminution du thymus.

Conclusions. — La thyroïdectomie accentue l'anémie protéiprive et la normoblastose médullaire qui accompagne cette anémie. Elle provoque en outre dans l'inanition protéique une involution particulièrement accusée de la rate, des reins et des testicules, mais n'agit ni sur le foie ni sur le poids somatique. Ces effets dissemblables sur les divers organes font supposer que l'aggravation de l'anémie ne résulte pas simplement d'un ralentissement général des oxydations cellulaires, mais d'une altération élective de la fonction médullaire. L'alimentation protéique tend à neutraliser l'effet anémiant de la thyroïdectomie mais n'empêche pas son action sur les reins et sur les organes lymphoïdes; elle met en outre en évidence l'inhibition de la croissance sous l'effet de cette opération.

PHYSIOLOGIE. — *L'emploi de la méthode hygrophotographique dans l'étude de la perspiration insensible.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. André Mayer.

La perspiration insensible ou sortie d'eau extrarénale est l'un des facteurs les plus importants de la thermolyse; elle est, en outre, étroitement liée au métabolisme des éléments énergétiques et se trouve sous la dépendance de différents mécanismes de régulation : mécanisme humoral, action hormonale et influence nerveuse. Les recherches méthodiques et minutieuses de A. Gasnier et A. Mayer (¹) ont montré, en effet, le rôle des médiateurs chimiques du système nerveux autonome tels que : acétylcholine, adrénaline, dans la perspiration. En comparant la perte de poids spontanée chez le Chat normal et le Chat sympathectomisé, ces auteurs ont mis également en évidence l'importance du sympathique dans la régulation de cette élimination d'eau par évaporation cutanée et pulmonaire. En étudiant l'action des agents pharmacologiques vasodilatateurs (histamine) ou vasoconstricteurs (ergotamine), Gasnier et Mayer ont pu vérifier aussi que la perspiration dépend de la vasomotricité des vaisseaux périphériques et qu'il faut s'attendre à ce que les corps vasodilatateurs provoquent une augmentation de la perspiration et à ce que des corps constricteurs des vaisseaux périphériques provoquent une diminution de la perspiration.

(¹) *Ann. Physiol. et Physicochim. biol.*, 10, 1934, p. 147; 13, 1937, p. 111, 131, 144, 155, 571, 579, 592, 605 et 620.

Ginandes et Topper (²) ont étudié longuement la perspiration insensible chez les enfants âgés de 2 à 14 ans et établi des relations entre celle-ci et l'âge, le poids, la surface cutanée, etc.

Les études sur la perspiration insensible ont été faites jusqu'ici à l'aide de balances sensibles avec lesquelles on détermine, soit la perte de poids par le sujet soumis à l'étude, soit l'augmentation du poids d'une certaine quantité de chlorure de calcium anhydre ou de tout autre produit hygroscopique servant à fixer la vapeur d'eau dégagée.



M. André Mayer nous a donc suggéré d'essayer la méthode hygrophotographique, dont nous avons montré précédemment les applications dans l'étude de la transpiration des plantes (³) et dans l'enregistrement des précipitations atmosphériques (⁴).

Suivant cette suggestion, lorsque nous appliquons sur la peau une plaque au gélatino-iodure d'argent et de mercure, préalablement noircie par exposition à la lumière, nous remarquons, après quelques minutes de

(²) *Amer. J. dis Childr.*, 52, 1936, p. 28, 1335; 53, 1937, p. 705; 55, 1938, p. 1176; 58, 1939, p. 71.

(³) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1956.

(⁴) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 647.

contact, l'apparition sur la plaque de nombreux points jaunes correspondant aux endroits de la surface cutanée qui sont le siège d'un dégagement de la vapeur d'eau. Chez les enfants, la perspiration est particulièrement active; c'est ce que l'on constate en appliquant la main de l'enfant sur une de ces plaques préparées comme nous venons de dire. En quelques secondes, la main se dessine sur la plaque d'une manière particulièrement frappante, en reproduisant exactement les striations de la peau figure 1.

Lorsque, à l'aide de pinces en bois, on fixe sur le pavillon de l'oreille épilé du Lapin la plaque hygrophotographique, on constate que celle-ci commence à se décolorer à partir de la base de l'oreille et que cette décoloration s'étend progressivement vers les autres régions de la plaque. La figure 2 représente la perspiration de la peau de l'oreille d'un lapin normal, pesant 3 kg, après 30 m de contact et la figure 3 la perspiration du même organe, sous l'influence d'une substance vasodilatatrice, le diéthylaminométhyl-3 benzodioxane, administré à l'animal, à l'état de chlorhydrate et à la dose de 40 mg/kg, par voie sous-cutanée. Le diéthylaminométhyl-3 benzodioxane est un sympatholytique très actif, doué d'une action antithermique très puissante ([5]). Il provoque, en outre, une vasodilatation périphérique intense qui est aussi en partie la cause de la thermolyse. La figure 4 représente la perspiration pulmonaire avant *a* et après *b* l'injection du benzodioxane (durée de pose, 1 m). L'augmentation de la perspiration sous l'influence de la vasodilatation provoquée par le produit est tout à fait en accord avec les observations et les conclusions de MM. Gasnier et Mayer. Il est cependant intéressant de signaler que la propriété sympatholytique ne joue pas de rôle dans cette action, puisque l'ergotamine qui est aussi une sympatholytique classique, comme le benzodioxane, mais qui, au lieu de provoquer la vasodilatation, amène, au contraire, une vasoconstriction, exerce sur la perspiration insensible un effet tout à fait contraire de celui du diéthylaminométhyl-3 benzodioxane.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Étude du milieu intérieur de* Macrothylacea rubi *L. au cours de la diapause*. Note de M[me] **Andrée Drilhon**, présentée par M. Paul Portier.

La chenille de *Macrothylacea rubi* L. très commune en septembre, entre en diapause au début de l'automne. C'est au cours de cette diapause hivernale que nous avons essayé de suivre les modifications du milieu intérieur.

([5]) J. Sivadjian, *C. R. Soc. biol.*, 114, 1933, p. 868.

Nous avons gardé nos animaux dans un sol moyennement humide, dans une pièce presque isotherme (+5° à +8°).

L'état hygrométrique est très important : une trop grande humidité facilite le développement des moisissures qui infectent aisément ces animaux et un état de sécheresse peut provoquer une perte de poids qui entraîne la mort.

Nous avons dû échelonner nos recherches sur plusieurs années et pu ainsi réunir ces résultats cependant encore incomplets.

La concentration moléculaire est de —0,45 en septembre pour des larves actives; elle se maintient à ce chiffre jusqu'en octobre. Fin octobre le Δ atteint alors —0,48 puis —0,50. Quand les conditions d'hibernation sont bonnes, cette concentration reste à peu près stationnaire en décembre et en janvier; en février la concentration atteint —0,60.

Parallèlement les larves accusent une perte de poids sensible : 5 % en fin octobre, 12 % jusqu'en janvier et souvent plus de 15 % en janvier-février.

La déshydratation n'est pas le seul facteur responsable de l'augmentation de la concentration moléculaire : les acides aminés libres croissent régulièrement pendant le même temps; leur teneur de 1,60 g chez la larve active passe à 2,25 g puis 2,60 g et atteint souvent 3,25 g en fin février.

La méthode de chromatographie de partage nous a permis d'établir d'une part les acides aminés libres du sang de la larve en activité (de juillet à septembre) et de suivre ceux-ci au cours de la vie ralentie de l'hibernation.

En utilisant, successivement, ou simultanément, le phénol ammoniacal, le milieu de Partridge, l'alcool butylique ammoniacal ou le mélange alcool amylique-pyridine, on peut mettre en évidence les acides aminés et les substances fluorescentes que nous avons groupées dans le tableau ci-dessous :

Octobre.	Novembre.	Décembre.	Janvier.	Février.
Ac. glut.	Ac. glut.	Ac. glut.	Ac. glut.	Ac. glut.
Glycocolle	Glycocolle	Glycocolle	Glycocolle	Glycocole
Alanine	Alanine	Alanine	Sérine	Lysine
Tyrosine	Tyrosine	Tyrosine	Alanine	Serine
Valine	Valine	Histidine	Tyrosine	Alanine
	Leucine	Valine	Histidine	Tyrosine
		Tryptophane	Valine	Histidine
		Leucine	Tryptophane	Valine
			Leucine	Arginine
				Tryptophane
				Leucine
				Isoleucine
				Phénylalanine

Le taux croissant des acides aminés était déjà une indication des remaniements que subit la larve en diapause. Mais l'étude des éléments constituants de cet azote aminé est beaucoup plus manifeste.

L'apparition de l'histidine, de la phénylalanine, de la lysine et de l'arginine sont les témoins de l'histolyse des tissus. A la fin de l'hibernation, le milieu intérieur de la larve de *Macrothylacea rubi*, ressemble à celui d'une chrysalide dont la métamorphose est bien engagée.

Les substances fluorescentes deviennent aussi beaucoup plus abondantes, dans le sang, et dans les tubes de Malpighi. On décèle dans leur contenu des quantités importantes de flavine, de fluorescyanine, d'acide ptéroyl-glutamique. Nous avions fait cette même observation pour les tubes de Malpighi d'un sphingide en pleine métamorphose. L'accumulation des substances oxydo-réductrices, et d'éléments constituants des protides, peuvent alors permettre une nymphose accélérée.

Il apparaît clairement à la lecture de ces résultats que la vie ralentie hivernale n'est pas seulement pour *Macrothylacea rubi* L. une forme physiologique particulière d'adaptation à des conditions physiques de température et d'hygrométrie; le ralentissement dans les fonctions définies peut être considéré comme un début de vie de nymphose d'origine hormonale.

Dans le milieu intérieur les répercussions y sont déjà sensibles; on sait que l'augmentation des matières protéiques et surtout celle des acides aminés constitue la première manifestation des bouleversements qui accompagnent la métamorphose. La larve au cours de son sommeil hivernal est donc en perpétuelle modification; outre des échanges respiratoires réduits au minimum, une déshydratation importante et une concentration moléculaire augmentée.

A la lumière des travaux de Williams [1], on peut penser que les lépidoptères qui subissent ce temps de latence avant d'entrer parfaitement à l'état de nymphe, ont un système endocrinien qui fonctionne en deux temps : soit que sous l'impulsion d'une hormone réduite des glandes prothoraciques les tissus commencent leur processus d'histolyse où les enzymes des éléments figurés du sang entrent en jeu; il faut ensuite attendre le réveil de l'hormone du ganglion cérébroïde qui (à la manière de l'hypophyse des mammifères) permet aux systèmes endocriniens partiels d'accomplir leurs tâches pour que l'imago s'édifie au sein de la nymphe.

Ce sont donc peut-être chez ces animaux subissant une telle diapause qu'il serait plus aisé de discriminer ces fonctions hormonales dont on connaît maintenant l'existence et certains de leurs effets, mais qu'on n'est pas encore parvenu à définir chimiquement.

---

(1) *Federation Proceedings*, 9, n° 2, 1951, p. 546-552.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Biosynthèse de l'ester β-glucosidique de l'acide anthranilique par* Bacillus megatherium. Note de M. **Joseph Tabone** et Mlle **Daisy Robert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré dans un travail précédent (1) que dans les cultures de *B. megatherium* faites en présence de glucose et d'acide anthranilique, il apparaît une substance (A) qui est une combinaison de ces deux produits. Nous avions de plus émis l'hypothèse que cette combinaison pouvait être l'ester glucosidique de l'acide anthranilique (I). Dans le présent travail, nous nous sommes proposé de vérifier cette hypothèse.

H_2N ; C—O—O—CH ; HCOH ; HOCH ; HCOH ; HC ; CH_2OH ; O

(I) Ester glucosidique de l'acide anthranilique.

Cétène →

Ac HN ; C—O—O—CH ; HCOH ; HOCH ; HCOH ; HC ; CH_2OH ; O

(II) Ester glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique.

Anhydride acétique →

Ac HN ; C—O—O—CH ; HCO Ac ; AcOCH ; HCO Ac ; HC ; CH_2O Ac ; O

(III) Ester tetracétyl glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique.

←

Ac HN ; COO Na

Sel de sodium de l'acide N acétyl anthranilique.

+

Br CH ; HCO Ac ; AcOCH ; HCO Ac ; HC ; CH_2O Ac ; O

Acétobromo glucose.

1. *Étude des solutions concentrées et purifiées de* (A). — Nous n'avons pas pu, jusqu'ici du moins, isoler la substance (A) elle-même. Cependant nous avons obtenu, à partir des milieux de culture, une fraction dans laquelle se trouve concentrée cette substance et qui en particulier ne renferme plus ni glucose ni acide anthranilique (1).

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, séance du 8 juillet 1952.

Ces solutions ont été soumises pendant 30 m à 45° à l'action de l'émulsine (extrait d'amandes douces). Dans ces conditions, la substance (A) qu'elles renferment se décompose en acide anthranilique et glucose : ces deux dernières substances ont été caractérisées par chromatographie sur papier. Les extraits de levure, riches en α-glucosidase se sont montrés, par contre, sans effet sur la substance (A). Ces faits sont compatibles avec notre hypothèse, ils précisent de plus que (A) serait un ester glucosidique β.

2. *Étude du dérivé monoacétylé de* (A). — Les solutions concentrées et purifiées de (A) soumises à l'action du cétène donnent un précipité. Ce précipité après deux recristallisations dans l'alcool légèrement hydraté donne un produit (B) qui fond en se décomposant à 181° (non corr.). On sait qu'en solution aqueuse le cétène est capable d'acétyler les groupements aminés aromatiques, mais laisse intactes les fonctions alcooliques du glucose. De sorte que, si (A) est bien l'ester glucosidique de l'acide anthranilique, (B) doit être considéré comme l'ester glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique (II). Les résultats analytiques suivants sont conformes à cette hypothèse.

	C.	H.	N.	Acétyle.	Glucose.
Trouvé pour (B).........	52,50	5,48	4,21	17,64	51,5
Calculé pour (II).........	52,78	5,57	4,18	17,59	52,7

3. *Étude du dérivé pentaacétylé de* A. — On l'obtient en soumettant à l'action de l'anhydride acétique, une solution de (B) dans la pyridine. Après élimination des réactifs par distillation sous vide, on obtient un résidu que l'on recristallise à quatre reprises dans l'alcool méthylique. Dans notre hypothèse, ce produit (C) doit être l'ester tétracétyl glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique. Or, nous avons pu réaliser la synthèse de ce dernier composé, de sorte que l'étude comparative de (C) et de (III) a été possible. L'ester (III) a été préparé en faisant réagir la solution aqueuse du sel de sodium de l'acide N acétyl anthranilique sur la solution acétonique de l'acétobromoglucose. Le produit de la réaction est recristallisé dans l'alcool méthylique à quatre reprises.

	C.	H.	N.	Acétyle.	α_D^{20} (chloroforme).	Point de fusion (non corr.).
Trouvé pour (C).....	—	—	—	57,6	−46°,55	174-175°
Trouvé pour (III)....	54,48	5,25	3,06	56,0	−46,87	174-175°
Calculé pour (III)....	54,22	5,30	2,75	58,9	—	—

Le mélange de (C) et de (III) fond à 174-175°. Ces résultats permettent de conclure à l'identité de (B) avec l'ester tétracétyl glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique.

En résumé le *B. megatherium* synthétise à partir du glucose et de l'acide

anthranilique une combinaison de ces deux substances. L'étude de ce composé, celle de ses dérivés monoacétylé et pentaacétylé, ainsi que l'étude comparative de ce dernier avec l'ester tétracétyl glucosidique de l'acide N acétyl anthranilique, dont nous avons réalisé la synthèse, nous permet de conclure à l'identité de ce composé avec l'ester glucosidique de l'acide anthranilique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée des protéines cristalliniennes de l'Homme et du Bœuf au moyen de l'électrophorèse sur papier.* Note de MM. **Alain Choisy**, **Yves Derrien** et **Gaëtan Jayle**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'individualisation électrophorétique des constituants protéiques du cristallin n'a été étudiée que sur des organes de Bœuf [1], [2], de Cheval et de Porc [2]. Les protéines cristalliniennes solubles de ces animaux se comportent comme un mélange de deux constituants de mobilité différente, respectivement identifiables à l'α- et à la β-cristalline isolées, dès 1894, de cristallins de bovidés par Mörner [3].

Les protéines solubles du cristallin humain ne pouvaient être étudiées que par l'électrophorèse sur papier, si l'on désirait poursuivre celle-ci sur un seul organe (32 mg de protéines solubles environ), car les techniques classiques (Tiselius-Svensson) ne sont applicables qu'à des quantités de protéines de l'ordre de 100 mg au minimum. L'objet de la présente Note est de résumer les résultats des recherches que nous avons entreprises sur le comportement électrophorétique des protéines cristalliniennes solubles de l'Homme et du Bœuf.

Les cristallins normaux, prélevés immédiatement après la mort, ont été broyés chacun dans 2,5 cm^3 de ClNa 0,1 M pour ceux de provenance humaine, dans 25 cm^3 de la même solution pour ceux d'origine bovine. Après 12 h de séjour à + 2° C et élimination de la fraction insoluble (albumoïde de Mörner) par centrifugation à 10 000 t/m, les solutions ont été concentrées par évaporation dans un sac de cellophane soumis à un courant d'air froid, jusqu'à ce que leur teneur en protéines atteigne 2 à 3 %.

L'électrophorèse des préparations a été opérée en utilisant le dispositif expérimental décrit par Wunderly et Reinaud [4] sur des bandes de papier

---

(1) I. Hesselvik, *Skand. Arch. Physiol.*, 82, 1939, p. 151.

(2) G. Viollier, H. Labhart et H. Sullmann, *Helv. Physiol. Acta*, 5, 1947, p. 10.

(3) *Z. physiol. Chem.*, 18, 1894, p. 61.

(4) *Rev. Hématol.* (sous presse).

Whatman n° 2 de 7 × 35 cm ([5]). On a déposé sur la ligne médiane de celles-ci perpendiculaire à leur longueur, deux prises d'essai de 0,02 cm³ (traits de 2,5 cm) de solution protéique provenant, l'une, d'un cristallin humain, l'autre, d'un cristallin de Bœuf. Les 24 électrochromatogrammes, obtenus par fixation au chlorure mercurique et coloration au bleu de bromophénol des protéines cristalliniennes après 7 h d'électrophorèse

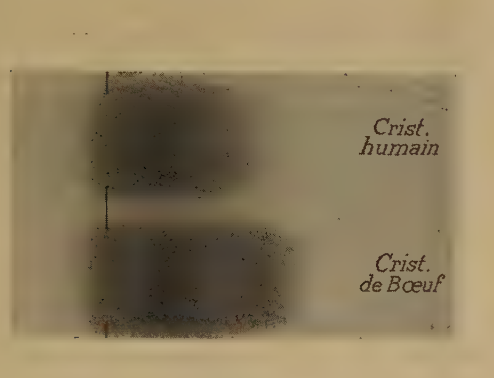


Fig. 1.

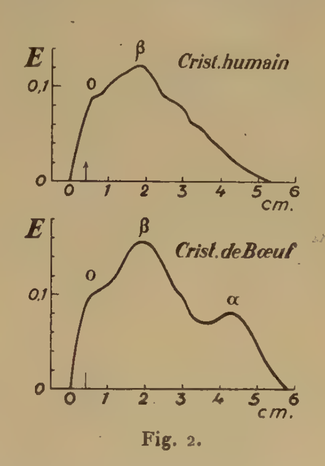


Fig. 2.

Fig. 1. — Électrochromatogramme des protéines cristalliniennes humaines et bovines, obtenu en 7 h, à pH 9, sous 250 V et 6 mA; coloration par le bleu de bromophénol.

Fig. 2. — Expression graphique de la variation de la coloration, en fonction de la distance à l'origine, des électrochromatogrammes reproduits sur la figure 1.

à pH 9 (tampon au véronal sodique à 12,1 g/1000 cm³), sous 250-300 V et 6 mA, sont pratiquement identiques à celui reproduit à titre d'exemple sur la figure 1. Ils objectivent par deux bandes colorées la présence constante dans les cristallins de Bœuf des constituants α et β signalés par Hesselvik ([1]) et par Viollier et ses collaborateurs ([2]). Par contre, les protéines cristalliniennes humaines ne comportent jamais plus d'un constituant prédominant, de mobilité voisine de celle de la β-cristalline du Bœuf (papier Whatman n° 2) ou légèrement inférieure (papier Munktell 20).

La comparaison des deux diagrammes de la figure 2, correspondant respectivement aux électrochromatogrammes de la figure 1 dont ils expriment la variation de coloration, en fonction de la distance à l'origine, objective ces faits. L'examen de cette figure permet, en outre, de préciser les données complémentaires suivantes. D'une part, les préparations cristalliniennes humaines et bovines renferment un « constituant » O, de

([5]) Après une série d'essais sur papiers Munktell 20, Whatman 1, 4 et 2, nous avons adopté ce dernier, qui permet la meilleure individualisation électrophorétique des constituants protéiques du cristallin.

mobilité nulle, dont nous avons pu nous assurer qu'il ne correspond qu'à la fixation par le papier d'une faible quantité de protéines insolubles contenues dans la prise d'essai. D'autre part, il existe dans les cristallins humains, une fraction protéique hétérogène de mobilité intermédiaire à celles de l'α- et de la β-cristalline du Bœuf. Nous nous proposons d'étendre cette étude aux protéines solubles des cristallins humains cataractés.

Conclusions. — L'électrophorèse sur papier a permis d'entreprendre l'étude des protéines solubles d'un seul cristallin d'Homme et de Bœuf. Celles de l'Homme se distinguent de celles du Bœuf, du Cheval et du Porc, en ce qu'elles ne renferment qu'un constituant électrophorétique prédominant au lieu de deux (α et β). Les résultats obtenus paraissent indiquer que le cristallin humain normal ne contient pas d'α-cristalline, tandis qu'une fraction électrophorétiquement identique à la β-cristalline, ou très voisine de celle-ci, y est présente.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les caractères et les propriétés des microcoques pyogènes d'origine bovine.* Note de MM. **Jean Jacquet**, **Rémy Richou**, Mme **Lottie Steeg**, MM. **Claude Gerbeaux** et **Pierre Julienne**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une Note antérieure [1] nous avons décrit les microcoques dits banaux qui constituent la microflore pratiquement constante de la mamelle de la Vache. On les rencontre, en outre, sur la peau, dans l'intestin et à la surface des différentes cavités naturelles. Nous réserverons l'appellation de microcoques pyogènes (staphylocoques pathogènes de nombreux auteurs) à des germes de morphologie absolument semblable, de mêmes affinités tinctoriales et dont les colonies présentent le même aspect mais qui, à la différence des espèces précédentes, sécrètent une coagulase possédant la propriété de coaguler le plasma oxalaté, font fermenter le mannitol, ont un pouvoir hémolytique net et liquéfient la gélatine nutritive en culot. Les autres caractères de ces espèces ont été partiellement signalés par l'un de nous [2], mais il nous a semblé utile de les préciser davantage.

L'étude de 64 souches de microcoques pyogènes d'origine mammaire nous a montré, là encore, des caractères intéressants, mais parfois instables.

Toutes les cultures obtenues ont été du type S.

Elles ont toujours formé des acides à partir du glucose, du lévulose, du lactose, du mannitol, du galactose, du saccharose, du glycérol (l'attaque de ces trois derniers glucides est parfois assez faible). Celle de l'amidon

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 255.

(2) J. Jacquet, *Ann. Nutr. et Aliment.*, 5, 1951, p. 350 et *La Production du Lait*, 1 vol., C. N. R. S., Paris, 1951, p. 284.

soluble est obtenue dans 90 % des cas, celle de la dextrine dans 85 % des cas et celle de l'arabinose, du dulcitol et du xylose dans 83 %.

Ces microcoques ne libèrent pas d'hydrogène sulfuré à partir des acides aminés soufrés, ni d'indol à partir du tryptophane. La protéolyse de la gélatine est constante; celle du caséinate de chaux en plaques gélosées est observée dans 75 % des cas. Le sérum coagulé n'est pas hydrolysé. Dans les 9/10 des cas, les souches étudiées possédaient une uréase en milieu de Ferguson et réduisaient presque constamment, très rapidement et fortement, les nitrates en nitrites. L'action sur le lait tournesolé est caractérisée dans 60 % des cas par une coagulation suivie de la réduction du colorant, et dans 40 % elle débute par la réduction.

Cultivés sur milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval et en atmosphère de 20 % de CO_2 et de 80 % d'air, les microcoques pyogènes élaborent les toxines hémolytiques α et β, dans la plupart des cas à un taux relativement élevé.

Sur 20 souches étudiées de ce point de vue, 4 seulement n'élaboraient qu'une seule de ces hémolysines. Pour les souches produisant les deux hémolysines, il y avait correspondance très nette entre la valeur de la toxine α et celle de la toxine β : une souche donnant une toxine α de pouvoir hémolytique élevé produisait également une toxine β de haut pouvoir hémolytique; au contraire, si la toxine α élaborée par une souche était douée d'un faible pouvoir hémolytique, la toxine β sécrétée par la même souche ne possédait qu'un pouvoir hémolytique peu marqué. Nous aurons l'occasion de revenir sur cette production de toxines staphylococciques α et β, caractéristique des souches d'origine animale.

Il résulte de nos recherches que l'on peut utiliser, pour la détermination des microcoques pyogènes d'origine bovine, la plupart des tests qui ont été préconisés en ce qui concerne la diagnose des staphylocoques d'origine humaine. Parmi ceux-ci, la recherche de la coagulase, la fermentation du mannitol, la production des hémolysines et la liquéfaction de la gélatine, nous paraissent les plus importants. On pourra y ajouter l'attaque de l'amidon ou de la dextrine. L'ensemencement sur la gélose au crystal violet proposé par Chapman et Berens [3] ne nous a pas semblé utile à retenir. En revanche, la pullulation dans un milieu salé, contenant 7,5 % de chlorure de sodium, comme cela a été établi par Koch [4], Chapman [5] et, enfin, Mc Culloch [6] en ce qui concerne les staphylocoques des mammites bovines, est à retenir.

([3]) *J. Bact.*, **29**, 1935, p. 437.

([4]) *Zentralb. Bakt.*, I, Abt. origin., **149**, 1942, p. 122.

([5]) *J. Bact.*, **50**, 1945, p. 201.

([6]) *Amer. J. Vet. Res.*, **8**, 1947, p. 173.

MICROBIOLOGIE. — *Influence de la température d'incubation sur les propriétés Vi de la souche* Ballerup. Note (*) de MM. **Pierre Nicolle** et **André Jude**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La souche *Ballerup* élabore lorsqu'elle se développe à 18° beaucoup plus d'antigène *Vi* qu'à 37° (irisation plus intense des cultures et absorption plus importante des agglutinines *Vi*). Elle se comporte donc sous ce rapport d'une manière entièrement différente de *Salmonella typhi*, qui donne des cultures *Vi* négatives à 18° et des cultures très riches en antigène *Vi* à 37°.

L'antigène *Vi*, présent chez la souche *Ballerup*, confère aux cultures de cette Entérobactériacée des propriétés physiques, biologiques et sérologiques analogues à celles des cultures *Vi* de *Salmonella typhi* ([1]), mais l'optimum thermique pour l'élaboration de l'antigène *Vi* est beaucoup plus bas pour la souche *Ballerup* que pour le bacille typhique.

1. *Caractères Vi des cultures de la souche* Ballerup, *incubées à 37°.* — L'irisation caractéristique de la présence de l'antigène *Vi* chez *S. typhi* se retrouve, à un degré beaucoup plus accentué pour la souche *Ballerup*, lorsque ses cultures, en nappe continue ou ses colonies séparées, incubées à 37°, sont examinées à la transillumination oblique.

Les mêmes cultures sont agglutinées par un sérum anti-*Vi* préparé par l'injection au Lapin de cultures *Vi* du bacille typhique. Cependant, le taux d'agglutination est moins élevé qu'avec le bacille typhique cultivé à la même température.

Elles absorbent, au contraire, remarquablement les agglutinines *Vi* d'un sérum agglutinant, préparé par injection au Lapin d'un germe *Vi* (*S. typhi*, souche *Ballerup*, *Escherichia coli Vi*).

Elles sont sensibles, en milieu liquide et sur milieu solide, à certains bactériophages doués d'affinité pour les cultures *Vi* de *S. typhi* ([2]).

2. *Accentuation de certains caractères Vi chez les cultures développées à 18°.* — Contrairement à ce que l'on observe avec le bacille typhique ([3]), ([4]), qui, à 18°, n'élabore pas d'antigène *Vi*, les caractères *Vi* persistent chez la souche *Ballerup* cultivée à 18° : l'irisation et l'absorption des agglutinines *Vi* sont même beaucoup plus intenses que pour les cultures du même germe incubées à 37°. L'agglutinabilité *Vi* reste pratiquement inchangée. La sensibilité aux phages *Vi* est un peu moins marquée. Il apparaît donc, qu'à cette basse température, la souche *Ballerup* élabore plus d'antigène *Vi* qu'à 37°.

(*) Séance du 28 avril 1952.

([1]) A. Jude et P. Nicolle, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1718.

([2]) P. Nicolle, G. Rita et M. Huet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2152.

([3]) A. Félix, S. S. Bhatnagar et R. M. Pitt, *Brith. J. exp. Path.*, 15, 1934, p. 346.

La diminution de l'effet lytique des bactériophages *Vi* est probablement la conséquence de l'excès d'antigène *Vi* qui produirait l'inactivation de nombreux corpuscules avant qu'ils aient pu pénétrer à l'intérieur des corps bactériens.

3. *Disparition complète de tous les caractères Vi par l'incubation à 41°,5.* — Les cultures de la souche *Ballerup*, qui se développent à 41°,5, ne présentent plus l'irisation caractéristique. Elles ne sont pas agglutinées par le sérum anti-*Vi* typhique. Elles n'absorbent plus les agglutinines des sérums anti-*Vi* typhique, *Ballerup* et *E. coli Vi*. Enfin, elles sont totalement réfractaires aux bactériophages *Vi*.

4. *Réapparition des caractères Vi, par repiquages à 18°, des cultures Vi-négatives obtenues à 41°,5.* — La disparition des caractères *Vi* par culture de la souche *Ballerup* à 41°,5 est complète, tandis que, pour *S. typhi* cultivé à la même température, on n'observe qu'une diminution de l'intensité des caractères. Mais, cette disparition n'est pas définitive : après quelques repiquages à 18° de la souche *Ballerup*, les caractères *Vi* réapparaissent. Il s'agit donc d'une suspension momentanée de la production de l'antigène *Vi*. Les cultures *Vi*-négatives obtenues à 41°,5 gardent leur potentiel *Vi*-formateur.

5. *Dissociation en colonies irisées et non irisées de cultures développées à 18, à 37 et à 41°,5.* — Les subcultures d'une colonie irisée de la souche *Ballerup* se dissocient en colonies irisées (*Vi*-positives) et en colonies ternes (*Vi*-négatives). Ce phénomène s'observe par incubation à 18° et à 37°; mais il est surtout marqué à cette dernière température (environ 20 % des colonies *Vi*-négatives), alors qu'à 18°, la presque totalité des colonies est *Vi*-positive (environ 1 à 2 % de colonies *Vi*-négatives). A 41°,5, toutes les colonies sont *Vi*-négatives.

6. *Conclusion.* — Alors que la température optimum d'incubation du bacille typhique pour la production de l'antigène *Vi* se situe aux environs de 37°, c'est à 18° que la souche *Ballerup* produit le plus abondamment ce facteur.

Le même antigène est donc élaboré par deux espèces bactériennes, l'une pathogène pour l'Homme exclusivement, l'autre parasite très occasionnel à rôle pathogène encore discuté. Mais les préférences thermiques que chacun de ces germes manifeste pour former la plus grande quantité d'antigène *Vi* sont nettement éloignées.

Cette notion présente un intérêt théorique sur lequel nous reviendrons prochainement et un intérêt pratique : dans tous les cas où l'on désire avoir entre les mains des cultures riches en antigène *Vi* (préparation de sérum anti-*Vi*, études chimiques sur l'antigène *Vi*, etc.), il convient d'utiliser des cultures de *S. typhi* incubées à 37° ou des cultures de la souche *Ballerup* développées à 18°.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Mise en évidence de Toxoplasmes sur Souris inoculées avec des broyats de* Thrombicula Legaci (*Marc André* 1950), *recueillis sur* Lemniscomys barbarus striatus *et sur* Mylomys cuninghamei alberti *capturés en Oubangui-Chari* (*A. E. F.*). Note de MM. **Paul Giroud** et **Paul Le Gac**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous apportons la preuve expérimentale de la présence de toxoplasmes sur des *Thrombicula* recueillis dans les oreilles des rongeurs appartenant aux espèces les plus fréquentes de l'Oubangui, à savoir : le rat rayé, *Lemniscomys barbarus striatus* (dont, fait curieux, la consommation est interdite par les sorciers de la forêt), et le rat vert *Mylomys cuninghamei alberti* qui constitue le plat favori des peuplades de la savane oubanguienne.

Bien que la découverte des toxoplasmes par notre regretté Maître Ch. Nicolle et Manceaux remonte à 1908, nos connaissances sur la transmission des affections toxoplasmiques à l'Homme restent encore bien obscures.

On sait que l'infection toxoplasmique se transmet de la mère à l'enfant ([1]), et que certaines maladies exanthématiques ont pour origine des toxoplasmes ([2]). D'autre part, on a noté à plusieurs reprises, chez ces sujets, la coexistence de piqûres de tiques.

D'une façon générale, ces maladies sont mortelles. Cependant l'un de nous, à Brazzaville, a pu en 1949 observer des affections exanthématiques d'allure bénigne s'accompagnant d'ulcération ou tache noire, chez lesquelles les réactions du groupe boutonneux pourpré se montraient négatives, et isoler, avec Grjebine, une souche de toxoplasme ([3]).

De plus, à la suite des l'inoculation d'un millier de tiques prélevées sur les chiens des villages africains de Bacongo et Poto-Poto et comportant en particulier *Rhipicephalus sanguineus*, *Rhipicephalus eversi* et *Hæmaphysalis læchi*, les mêmes auteurs ont pu isoler une nouvelle souche de toxoplasmes sur une lignée de cobayes inoculés avec le broyat d'un mélange de 40 ♂ et 10 ♀ de *Rhipicephalus sanguineus*.

Par la suite, l'un de nous ([4]) ayant décrit en 1950 une technique simple et facile pour la détection des larves de Thrombidions de la faune africaine, des milliers de ces divers Thrombicula ont été inoculés à l'animal (cobayes,

---

([1]) A. Sabin, *J. Amer. Med. Ass.*, 116, 1941, p. 601.

([2]) H. Pinkerton et R. Henderson, *J. Amer. Med. Ass.*, 1941, p. 807.

([3]) P. Giroud, *Rev. Col. Méd. et Chir.*, 184, 1950, p. 352; P. Giroud et A. Grjebine, *Bull. Soc. Path. exot.*, 44, 1951, p. 54; P. Giroud, J. Jadin et C. Reizes, *Bull. Soc. Path. exot.*, 44, 1951, p. 422.

([4]) P. Le Gac, *Bull. Soc. Path. exot.*, 44, 1951, p. 545; 43, 1950, p. 711.

souris, gerbilles). Nous ne parlerons dans cette Note que des résultats obtenus au cours des prospections entreprises dans les régions de la Lobaye (Bomango) et de l'Ouham (Bossangoa).

Ces deux régions de l'Oubangui-Chari s'opposent par le fait que la première de ces régions se trouve à l'orée de la forêt tropicale alors que la seconde est située en pleine zone de savanes.

A Bomango, près de la forêt, 26 *Epimys rattus frugivorus* furent capturés et sur ceux-ci nous avons recueilli 6 000 *Thombicula* appartenant tous à l'espèce *Thrombicula giroudi*, Marc André 1950. Ces *thrombicula* inoculés après broyage à des lots de souris et de cobayes n'ont donné que des résultats négatifs.

Par contre, à Bossangoa, 380 *Thrombicula legaci*, Marc André 1950, recueillis d'une part sur 42 *Lemmiscomys barbarus striatus*, et de l'autre sur 6 *Mylomys cuninghamei alberti*, inoculés après broyage à des lots de souris D. B. A., ont permis d'isoler deux souches de toxoplasmes.

De très nombreux témoins ne nous ont jamais permis de mettre en évidence des toxoplasmes sur ces animaux arrivés depuis peu par avion en Oubangui et provenant d'élevages indemnes de la métropole.

Ces toxoplasmes présentent un comportement semblable à celui des souches isolées précédemment au Moyen-Congo.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Activité tuberculostatique* in vitro *d'hydrazides de la série aromatique*. Note de MM. **N. P. Buu-Hoï, Maurice Welsch, Georges Dechamps, Henri Le Bihan, Fernand Binon** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

On décrit dans ce travail l'activité tuberculostatique *in vitro* de plusieurs hydrazides aromatiques, dans le cadre d'une étude sur les relations entre la constitution chimique et le pouvoir antituberculeux dans cette classe de composés.

En 1946, J. Jouin et l'un de nous ([1]) ont montré que certaines hydrazides telles que la phtalhydrazide, possèdent des propriétés tuberculostatiques marquées; par la suite, nous avons étendu ces recherches à une série d'hydrazides dérivées de l'acide phtalique ([2]), et certains de ces corps ont même accusé une activité antituberculeuse *in vivo* chez l'animal ([3]). Le pouvoir tuberculostatique *in vitro* des hydrazides dépend étroitement de la structure

---

([1]) J. Jouin et N. P. Buu-Hoï, *Ann. Inst. Pasteur*, 72, 1946, p. 580.

([2]) N. P. Buu-Hoï, H. Le Bihan et F. Binon, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, 70, 1951, p. 1099.

([3]) N. P. Buu-Hoï, R. Ratsimamanga, G. Dechamps, N. Hoán, H. Le Bihan et F. Binon, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2037; R. Ratsimamanga, N. P. Buu-Hoï, G. Dechamps, H. Le Bihan et F. Binon, *Arch. intern. pharmacodyn. et thérap.*, 1952, (sous presse).

moléculaire, la dibenzoylhydrazine symétrique n'ayant par exemple aucune activité, malgré sa parenté chimique avec la phtalhydrazide ([1]); de même, l'O-isoamyléther de la phtalphénylhydrazide est notablement plus actif que l'O-*n*-amyléther correspondant ([2]). Ces résultats montraient tout l'intérêt que présente l'étude des relations entre la constitution chimique et les propriétés tuberculostatiques des hydrazides; dans cet ordre d'idées, signalons l'introduction en thérapeutique, faite récemment et indépendamment de nous, de l'isonicotinhydrazide (« Rimifon », « Nydrazid », « Neoteben ») ([4]).

Dans le présent travail, nous décrivons l'activité tuberculostatique *in vitro* importante de quelques hydrazides dérivées d'acides aromatiques. La technique employée est celle déjà décrite dans un autre travail ([5]) (souche B. C. G. de *Mycobacterium tuberculosis*, milieu de culture de Dubos au tween 80, etc.).

N—CO—NH—NH_2 (I) HO——CO—NH—NH_2 (II) —CO—NH—NH_2 (III)

Dans ces conditions, la 4-hydroxybenzhydrazide (II) et l'α-naphtylacétylhydrazine (III) se sont montrées actives à la concentration de 10^{-5} ($10\gamma/cm^3$ de milieu de culture); dans le même test, l'isonicotinhydrazide (I) s'est montrée

NO_2——CO—NH—NH_2 (IV) Cl——CH=CH—CO—NH—NH_2 (V)

active à la concentration de 10^{-6}. La 4-nitrobenzhydrazide (IV), la 4-chlorocinnamoylhydrazine (V), et les 2.4- et 3.4-dichlorocinnamoylhydrazines (VI) et (VII) sont actives à la concentration de 10^{-4}, alors que la 4-amino-benzhy-

Cl——CO—NH—NH_2, Cl (VI) Cl——CO—NH—NH_2, Cl (VII)

drazide (VIII) et la 4-benzyloxybenzhydrazide (IX) n'inhibent qu'imparfaitement la croissance du bacille à cette concentration. Il est intéressant de noter que des hydrazides très voisines telles que les 4-chloro-, 4-bromo-, et 4-méthoxy-

NH_2——CO—NH—NH_2 (VIII) —CH_2—O——CO—NH—NH_2 (IX)

([4]) H. A. Offe, W. Siefken et G. Domagk, *Naturwissenschaften*, 39, 1952, p. 118.

([5]) M. Welsch, N. P. Buu-Hoï, G. Dechamps, N. Hoán, H. Le Bihan et F. Binon, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1608.

benzhydrazides n'ont aucune activité dans les mêmes conditions; de même, des substances structurellement plus ou moins apparentées au rimifon telles que les 2-anisyl- et 2-vératrylcinchonhydrazides (X) et (XI), ou l'hydrazide de l'acide pyrazole-3-carboxylique (XII) sont inactives ou très faiblement actives à cette concentration.

CO—NH—NH$_2$ ... N ... —OCH$_3$

(X)

CO—NH—NH$_2$ ... N ... OCH$_3$ —OCH$_3$

(XI)

CH═C—CO—NH—NH$_2$ CH NH N

(XII)

Il apparaît ainsi que les propriétés tuberculostatiques des hydrazides ne sont pas spéciales au groupe des composés de la pyridine, mais que, même en série purement aromatique, il est possible de faire apparaître cette activité par des substitutions adéquates; ce point présente un intérêt pratique lorsque l'on considère le fait que les molécules hétérocycliques azotées sont en général plus toxiques que leurs analogues en série aromatique. Enfin, du point de vue de la biologie cellulaire, il est intéressant de noter que, d'une part, les hydrazides tuberculostatiques telles que (II) sont également fongicides, et d'autre part, que l'hydrazide de formule (III) dérive d'une des plus puissantes hormones végétales connues : l'acide α-naphtylacétique.

La séance est levée à 15 h 40 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 31 mars 1952.)

Note présentée le même jour de MM. *Georges Hornecker* et *Philippe Pluvinage*, Sur la décomposition magnétique du triplet $2\,^3P$ de l'hélium :

Page 1439, 18e et 19e lignes, *au lieu de*

$$E_2(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \left[\frac{3\omega}{2} + \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}}\right],$$

$$E_1(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \left[\frac{3\omega}{2} - \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}}\right],$$

lire

$$E_2(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \frac{3\omega}{2} - \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}},$$

$$E_1(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \frac{3\omega}{2} + \sqrt{(Z_2 + 6\eta_1)^2 + \frac{\omega^2}{4}}.$$

Page 1439, 2e ligne en remontant, *au lieu de*

$$E_2(\pm 1) = -4\eta_1 \pm 2\omega, \qquad E_1(\pm 1) = -4\eta_1 \pm \omega,$$

lire

$$E_2(+1) = -4\eta_1 + \omega, \qquad E_2(-1) = -4\eta_1 - 2\omega,$$

$$E_1(+1) = -4\eta_1 + 2\omega, \qquad E_1(-1) = -4\eta_1 - \omega.$$

(*Comptes rendus* du 7 avril 1952.)

Comité secret. Adjoints à la délégation française à l'Assemblée générale de l'Union Astronomique internationale :

Page 1592, 4e ligne en remontant, *au lieu de* Marcel Patry, *lire* André Patry.